



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
**de Colombia**  
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS HEC RAS E IBER EN LA  
DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL  
CORREGIMIENTO DE SANTA FE DE MORICHAL, MUNICIPIO DE YOPAL,  
DEPARTAMENTO DE CASANARE

WILLIAM RICARDO SANABRIA DIAZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

BOGOTÁ D.C.

2021

## TRABAJO DE GRADO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS HEC RAS E IBER EN LA  
DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL  
CORREGIMIENTO DE SANTA FE DE MORICHAL, MUNICIPIO DE YOPAL,  
DEPARTAMENTO DE CASANARE

WILLIAM RICARDO SANABRIA DIAZ

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Recursos  
Hídricos

Docente

**ANDRÉS CAMILO SALAZAR SÁNCHEZ M.SC.**  
DOCENTE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

BOGOTÁ D.C.

2020



## Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es). [Advertencia](#).

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>

## Dedicatoria

Treinta y tres años he recorrido en el camino corto de la vida y el concepto de tiempo ha gobernado mi mente a cada momento, me ha llenado de curiosidad y de sueños. Pienso en las alegrías vividas, en los momentos inolvidables, en los seres queridos, también en las dificultades, las experiencias y me siento agradecido. Esta dedicatoria es para Dios, él nos dio la vida, el tiempo, el espacio y el amor necesario para ser feliz.

## Agradecimientos

Mi agradecimiento especial a mi madre, su amor y lucha, llena de sacrificios y angustias me dieron la posibilidad de forjar mi camino. A mi abuela, su amor, nobleza y enseñanzas llenaron mi corazón de buenas cosas. A mi esposa, que me brinda un amor maravilloso y único cada día.



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción	3
2. Generalidades	4
2.1. Línea de Investigación	4
2.2. Planteamiento del Problema	4
2.2.1. Antecedentes del problema	6
2.2.2. Pregunta de investigación	8
2.2.3. Variables del problema	8
2.3. Justificación	8
3. Objetivos	10
3.1 Objetivo general	10
3.2 Objetivos específicos	10
4. Marcos de referencia	11
4.1 Marco conceptual	11
4.2 Marco teórico	12
4.3 Marco jurídico	16
4.4 Marco geográfico	18
4.5. Estado del arte	21
5. Metodología	27
5.1 Fases del trabajo de grado	27
5.2 Instrumentos o herramientas utilizadas	28
5.3 Alcances y limitaciones	28
6 RECOLECCIÓN de INFORMACIÓN BÁSICA y preliminar	31
6.1 Información cartográfica y satelital	31
7 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	32
7.1 Delimitación De Cuencas	33
7.2 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS cuenca alta	36
7.2.1 VARIABLE SUPERFICIAL	36
7.2.1.1 Área de la sub cuenca(A):	36
7.2.2 VARIABLES LINEALES	36
7.2.2.1 Perímetro(P):	36
7.2.2.2 Longitud total de cauce (Ltc):	36

7.2.2.3	Longitud de cauce principal (Lcp):	36
7.2.2.4	Longitud de cauces secundarios (Lcs):	37
7.2.2.5	Longitud axial (La):	37
7.2.2.6	Ancho medio (Am)	37
7.2.2.7	Longitud total de curvas a nivel (Ltcn):	37
7.2.2.8	Orden de la corriente	37
7.2.2.9	Numero de escurrimientos (Nesc)	38
7.2.3	VARIABLES DE DESNIVEL	38
7.2.3.1	Diferencia De Elevación De Cauce (Ecp):	38
7.2.3.2	Pendiente media del cauce PRINCIPAL (Sc):	38
7.2.3.3	Diferencia de elevación de la cuenca (Es)	39
7.2.3.4	Pendiente media de la cuenca (S):	40
7.2.3.5	Curva Hipsométrica	40
7.2.4	VARIABLES DE DESNIVEL	42
7.2.4.1	Densidad de drenaje (Dd)	42
7.2.4.2	Forma de la cuenca	42
7.2.5	Variables Adicionales de la Cuenca	44
7.3	PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA MEDIA	44
7.3.1	VARIABLE SUPERFICIAL	45
7.3.1.1	Área de la sub cuenca(A):	45
7.3.2	VARIABLES LINEALES	45
7.3.2.1	Perímetro(P):	45
7.3.2.2	Longitud total de cauce (Ltc):	45
7.3.2.3	Longitud de cauce principal (Lcp):	45
7.3.2.4	Longitud de cauces secundarios (Lcs):	45
7.3.2.5	Longitud axial (La):	46
7.3.2.6	Ancho medio (Am)	46
7.3.2.7	Longitud total de curvas a nivel (Ltcn):	46
7.3.2.8	Orden de la corriente	46
7.3.2.9	Numero de escurrimientos (Nesc)	47
7.3.3	VARIABLES DE DESNIVEL	47
7.3.3.1	Diferencia de elevación de cauce (Ecp):	47
7.3.3.2	Pendiente media del cauce principal (Sc):	47

7.3.3.3	Diferencia de elevación de la cuenca (Es)	48
7.3.3.4	Pendiente media de la cuenca (S):	48
7.3.3.5	Curva Hipsométrica	49
7.3.4	VARIABLES DE DESNIVEL	50
7.3.4.1	Densidad de drenaje (Dd)	50
7.3.4.2	Forma de la cuenca	51
7.3.5	Variables Adicionales de la Cuenca	53
7.4	PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA BAJA	53
7.4.1	VARIABLE SUPERFICIAL	53
7.4.1.1	Área de la sub cuenca(A):	53
7.4.2	VARIABLES LINEALES	53
7.4.2.1	Perímetro(P):	53
7.4.2.2	Longitud total de cauce (Ltc):	53
7.4.2.3	Longitud de cauce principal (Lcp):	54
7.4.2.4	Longitud de cauces secundarios (Lcs):	54
7.4.2.5	Longitud axial (La):	54
7.4.2.6	Ancho medio (Am)	54
7.4.2.7	Longitud total de curvas a nivel (Ltcn):	54
7.4.2.8	Orden de la corriente	55
7.4.2.9	Numero de escurrimientos (Nesc)	55
7.4.3	VARIABLES DE DESNIVEL	56
7.4.3.1	Diferencia de elevación de cauce (Ecp):	56
7.4.3.2	Pendiente media del cauce principal (Sc):	56
7.4.3.3	Diferencia de elevación de la cuenca (Es)	56
7.4.3.4	Pendiente media de la cuenca (S):	57
7.4.3.5	Curva Hipsométrica	57
7.4.4	VARIABLES DE DESNIVEL	59
7.4.4.1	Densidad de drenaje (Dd)	59
7.4.4.2	Forma de la cuenca	59
7.4.5	Variables Adicionales de la Cuenca	61
7.5	IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS	61
7.6	TIPOS DE SUELOS PRESENTES EN LA ZONA	62
7.7	NUMERO DE CURVA CN	64

8	INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA	70
8.1	Análisis de Precipitación	73
8.1.1	Análisis De Precipitación Media	73
8.2	Análisis De Los Datos De Precipitación	76
8.2.1	Box Plot	76
8.2.2	Tiempo De Concentración	86
9	MODELACIÓN HIDROLÓGICA	92
9.1	Creación de Hietogramas	92
9.2	Modelo Hec Hms 8.0	94
9.2.1	Inserción de Map Layers, Creación de SUBBASIN, Sicks , e Inserción de PARÁMETROS	94
9.2.2	datos de la cuenca	95
9.2.3	CREACIÓN DE Meterologic Models	96
9.2.4	Creación de Control e Inserción de PARÁMETROS	97
9.2.5	Creación de Simulaciones	97
9.2.6	Visualización de resultados	98
10	MODELACIÓN HIDRÁULICA	102
10.1	Modelo Unidimensional Hec Ras	103
10.1.1	Creación de Alineamiento, flow paths y secciones en Civil 3d	104
10.1.2	Creación de Geometría en Arcgis 10.3- Complemento Hec GeoRas	104
10.1.3	Creación de Shapes de Rugosidad e Importación a Hec ras e Iber	104
10.1.4	Steady Flow Data	104
10.1.5	Simulación Hidráulica	105
10.1.6	Visualización de Resultados	106
10.2	Modelo Bidimensional Hec Ras	108
10.2.1	Importación de MDE	109
10.2.2	Creación de Área 2d (malla) y tamaño celdas	109
10.2.3	Asignación de condiciones de Frontera o contorno	110
10.2.4	Asignación de Rugosidad de Manning	111
10.2.5	Unsteady Flow Data	112
10.2.6	Unsteady Flow Data	113
10.2.7	Visualización de resultados	114
10.2.8	Perfil Topográfico Y perfil del agua	116
10.3	Modelo Bidimensional iber	117

10.3.1	PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL FLUJO: COEFICIENTE DE MANNING	117
10.3.2	CONDICIONES DE FRONTERA	118
10.3.3	PARÁMETROS generales de entrada	119
10.3.4	PARÁMETROS de salida	120
10.3.5	CONDICIONES DE FRONTERA- ENTRADA	121
10.3.6	CONDICIONES de frontera salida	122
10.3.7	ASIGNACIÓN de COEFICIENTES de manning	122
10.3.8	VISUALIZACIÓN de resultados	123
11	ANÁLISIS COMPARATIVO	125
12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
13	BIBLIOGRAFÍA	135
14	ANEXOS	140

## LISTA DE GRÁFICOS

GRAFICA NO. 1 PRECIPITACIÓN MEDIA ESTACIÓN PAJARITO .....	73
GRAFICA NO. 2 PRECIPITACIÓN MEDIA ESTACIÓN PAJARITO .....	74
GRAFICA NO. 3 PRECIPITACIÓN MEDIA ESTACIÓN AGUAZUL.....	74
GRAFICA NO. 4 PRECIPITACIÓN MEDIA ESTACIÓN APTO YOPAL .....	75
GRAFICA NO. 5 PRECIPITACIÓN MEDIA ESTACIÓN MORRO .....	76
GRAFICA NO. 6 BOX PLOT ESTACIÓN CORINTO .....	77
GRAFICA NO. 7 BOX PLOT ESTACIÓN PAJARITO .....	78
GRAFICA NO. 8 BOX PLOT ESTACIÓN AGUAZUL.....	79
GRAFICA NO. 9 BOX PLOT ESTACIÓN YOPAL.....	80
GRAFICA NO. 10 BOX PLOT ESTACIÓN MORRO .....	81
GRAFICA NO. 11 GRAFICA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS (GAMMA)ESTACIÓN CORINTO .....	82
GRAFICA NO. 12 GRAFICA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS (LOG NORMAL) ESTACIÓN PAJARITO.....	83
GRAFICA NO. 13 GRAFICA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS (GAMMA) ESTACIÓN AGUAZUL .....	84
GRAFICA NO. 14 GRAFICA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS (GAMMA)ESTACIÓN APTO YOPAL....	85
GRAFICA NO. 15 GRAFICA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS (GAMMA)ESTACIÓN APTO MORRO ..	86
GRAFICA NO. 16 RELACIÓN DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN SUBCUENCA ALTA .....	87
GRAFICA NO. 17 RELACIÓN DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN SUBCUENCA MEDIA .....	88
GRAFICA NO. 18 RELACIÓN DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN SUBCUENCA BAJA .....	89
GRAFICA NO. 19 CURVAS IDF CUENCA .....	92
GRAFICA NO. 20 HIETOGRAMA TR 100 AÑOS CUENCA ALTA .....	93
GRAFICA NO. 21 HIETOGRAMA TR 100 AÑOS CUENCA MEDIA .....	93
GRAFICA NO. 22 HIETOGRAMA TR 100 AÑOS CUENCA BAJA .....	94
GRAFICA NO. 23 GRAFICA HIDROGRAMA TR 2 CUENCA.....	98
GRAFICA NO. 24 GRAFICA HIDROGRAMA TR 3 CUENCA.....	99
GRAFICA NO. 25 GRAFICA HIDROGRAMA TR 5 CUENCA.....	99
GRAFICA NO. 26 GRAFICA HIDROGRAMA TR 10 CUENCA.....	100
GRAFICA NO. 27 GRAFICA HIDROGRAMA TR 20 CUENCA.....	100
GRAFICA NO. 28 GRAFICA HIDROGRAMA TR 25 CUENCA.....	101
GRAFICA NO. 29 GRAFICA HIDROGRAMA TR 50 CUENCA.....	101
GRAFICA NO. 30 GRAFICA HIDROGRAMA TR 100 CUENCA.....	102
GRAFICA NO. 31 RESULTADOS HEC RAS (PERFIL DEPTH) .....	116
GRAFICA NO. 32 RESULTADOS HEC RAS ( PERFIL TERRENO- WSE).....	116

## LISTA DE IMÁGENES

ILUSTRACIÓN 1. MAPA 1 ZONA DE INUNDACIONES .....	5
ILUSTRACIÓN 2- NOTICIA VIOLETA ESTÉREO: .....	7
ILUSTRACIÓN 3. NOTICIA PRENSA LIBRE CASANARE .....	7
ILUSTRACIÓN 4 UBICACIÓN MUNICIPIO DE YOPAL- CASANARE .....	19
ILUSTRACIÓN 5. UBICACIÓN CORREGIMIENTO DE SANTA DE MORICHAL.....	20
ILUSTRACIÓN 6. UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO DE SANTA FE DE MORICHAL, .....	21
ILUSTRACIÓN 7. UBICACIÓN ESTACIÓN CAUDAL PUENTE CHARTE.....	29
ILUSTRACIÓN 8. DEM GENERAL DE LA ZONA.....	33
ILUSTRACIÓN 9 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL ALOS PALSAR-CUENCA.....	34
ILUSTRACIÓN 10. PENDIENTES .....	34
ILUSTRACIÓN 11 FLOW DIRECTION .....	35
ILUSTRACIÓN 12 FLOW ACUMULATION .....	35
ILUSTRACIÓN 13 TIPOS DE CURVAS HIPSOMÉTRICAS.....	41
ILUSTRACIÓN 14 CURVA HIPSOMÉTRICA DE CUENCA ALTA.....	41
ILUSTRACIÓN 15 CURVAS HIPSOMÉTRICAS .....	49
ILUSTRACIÓN 16 CURVA HIPSOMÉTRICA CUENCA MEDIA .....	50
ILUSTRACIÓN 17 CURVAS HIPSOMÉTRICAS .....	58
ILUSTRACIÓN 18 CURVA HIPSOMÉTRICA CUENCA BAJA .....	58
ILUSTRACIÓN 19 TIPOS DE COBERTURA CUENCA .....	62
ILUSTRACIÓN 20 TIPOS DE SUELOS CUENCA .....	64
ILUSTRACIÓN 21 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE INCIDENCIA EN LA CUENCA .....	71
ILUSTRACIÓN 22 DRENAJES CUENCA.....	72
ILUSTRACIÓN 23 ÁREAS DE INCIDENCIA ESTACIONES (POLÍGONOS DE THIESSEN) .....	72
ILUSTRACIÓN 24 IDENTIFICACIÓN REGIÓN METODOLOGÍA IDF INVIAS .....	90
ILUSTRACIÓN 25 MODELO HIDROLÓGICO HEC HMS 4.8.....	94
ILUSTRACIÓN 26 ÁREAS SUBCUENCAS.....	95
ILUSTRACIÓN 27 NUMERO DE CURVA NC CUENCA .....	95
ILUSTRACIÓN 28 LAG TIME (MIN) .....	96
ILUSTRACIÓN 29 METEROLOGIC MODELS HEC HMS 4.8 .....	96
ILUSTRACIÓN 30 CONTROL MODELS HEC HMS 4.8 .....	97
ILUSTRACIÓN 31 SIMULACIÓN MODELS HEC HMS 4.8 .....	98
ILUSTRACIÓN 32 STEADY FLOW DATA HEC RAS6.0 .....	104
ILUSTRACIÓN 33 STEADY FLOW ANÁLISIS HEC RAS6.0 .....	105
ILUSTRACIÓN 34 SET LOCATION FOR FLOW HEC RAS6.0 .....	105
ILUSTRACIÓN 35 PERFIL DE VELOCIDAD Y WS SECTION 2647.82 .....	106
ILUSTRACIÓN 36 CROSS SECTION OUTPUT PERFIL DE VELOCIDAD Y WS SECTION 2647.82	107
ILUSTRACIÓN 37 CROSS SECTION PERFIL DE VELOCIDAD Y WS SECTION 1449.03.....	107
ILUSTRACIÓN 38 CROSS SECTION OUTPUT PERFIL DE VELOCIDAD Y WS SECTION 1449.03	108
ILUSTRACIÓN 39 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL .....	109
ILUSTRACIÓN 40 MALLA 2D.....	109
ILUSTRACIÓN 41 2D FLOW AREA .....	110
ILUSTRACIÓN 42 CONDICIONES DE CONTORNO ( AGUAS ARRIBA- BAJO) .....	111
ILUSTRACIÓN 43 RUGOSIDAD DE MANNING .....	111
ILUSTRACIÓN 44 UNSTEADY FLOW DATA .....	112
ILUSTRACIÓN 45 FLOW HYDROGRAPH.....	112

ILUSTRACIÓN 46 INITIAL CONDITIONS UNSTEADY FLOW DATA .....	113
ILUSTRACIÓN 47 UNSTEADY FLOW ANALISYS .....	114
ILUSTRACIÓN 48 RESULTADOS HEC RAS ( DEPTH) .....	114
ILUSTRACIÓN 49 RESULTADOS HEC RAS ( VELOCITY) .....	115
ILUSTRACIÓN 50 RESULTADOS HEC RAS ( WSE).....	115
ILUSTRACIÓN 51 DATOS INICIALES- TIEMPO DE SIMULACIÓN E INTERVALO DE RESULTADOS ..	119
ILUSTRACIÓN 52 PARÁMETROS GENERALES- ASIGNACIÓN DE NUMERO DE PROCESADORES..	120
ILUSTRACIÓN 53 PARÁMETROS DE SALIDA PARA LA SIMULACIÓN.....	120
ILUSTRACIÓN 54 CONDICIONES DE FRONTERA- ENTRADA .....	121
ILUSTRACIÓN 55 CONDICIONES DE FRONTERA- HIDROGRAMA .....	121
ILUSTRACIÓN 56 CONDICIONES DE FRONTERA- SALIDA.....	122
ILUSTRACIÓN 57 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING .....	123
ILUSTRACIÓN 58 RESULTADOS IBER .....	124
ILUSTRACIÓN 59 RESULTADOS IBER 2.6.....	124
ILUSTRACIÓN 60 VENTANA PRICIPAL.....	125
ILUSTRACIÓN 61 VENTANA PRINCIPAL IBER.....	126
ILUSTRACIÓN 62 RESULTADOS HEC RAS ( PERFIL TERRENO- WSE) .....	126
ILUSTRACIÓN 63 ECUACIONES HEC RAS .....	127
ILUSTRACIÓN 64 ECUACIÓN Y COEFICIENTES DE MANNING .....	128
ILUSTRACIÓN 65 VARIABLES DE SIMULACIÓN HEC RAS .....	129
ILUSTRACIÓN 66 VARIABLES DE SIMULACIÓN IBER.....	130



## LISTA DE TABLAS

TABLA NO. 1. FACTOR DE FORMA.....	12
TABLA NO. 2. FORMULAS TIEMPO DE CONCENTRACIÓN .....	14
TABLA NO. 3. ÍNDICE DE SINUOSIDAD.....	15
TABLA NO. 4. INFORMACIÓN BASE .....	31
TABLA NO. 5. CLASES DE LONGITUD DE CAUCE.....	36
TABLA NO. 6. ORDEN DE CORRIENTES.....	38
TABLA NO. 7. NUMERO DE ESCURRIMIENTOS.....	38
TABLA NO. 8. CLASES DE PENDIENTES .....	39
TABLA NO. 9. CLASES DE ELEVACIÓN .....	40
TABLA NO. 10. CLASES DENSIDAD DE DRENAJE .....	42
TABLA NO. 11. CLASES DE COMPACIDAD .....	43
TABLA NO. 12. CLASES DE FORMA .....	44
TABLA NO. 13. CLASES DE ALARGAMIENTO.....	44
TABLA NO. 14. CLASES DE LONGITUD DEL CAUCE .....	45
TABLA NO. 15. CLASES DE ORDEN DE CORRIENTES .....	46
TABLA NO. 16. NUMERO DE ESCURRIMIENTOS .....	47
TABLA NO. 17. CLASES DE PENDIENTES .....	48
TABLA NO. 18. CLASES DE ELEVACION .....	48
TABLA NO. 19. CLASES DENSIDAD DE DRENAJE .....	51
TABLA NO. 20. CLASES DE COMPACIDAD .....	51
TABLA NO. 21. CLASES DE FORMA .....	52
TABLA NO. 22. CLASES DE ALARGAMIENTO.....	53
TABLA NO. 23. CLASES DE LONGITUD DEL CAUCE .....	54
TABLA NO. 24. CLASES DE ORDEN .....	55
TABLA NO. 25. NUMERO DE ESCURRIMIENTOS .....	56
TABLA NO. 26. CLASES DE PENDIENTES .....	56
TABLA NO. 27. CLASES DE ELEVACIÓN .....	57
TABLA NO. 28. CLASES DE DENSIDAD DE DRENAJE .....	59
TABLA NO. 29. CLASES DE COMPACIDAD .....	60
TABLA NO. 30. CLASES DE FORMA .....	61
TABLA NO. 31. CLASES DE ALARGAMIENTO.....	61
TABLA NO. 32. CARACTERÍSTICAS DE GRUPOS DE SUELOS SUCS .....	63
TABLA NO. 33. NÚMEROS DE CURVA .....	65
TABLA NO. 34. VALORES DE NUMERO DE CURVA .....	65
TABLA NO. 35. VALORES DE NUMERO DE CURVA SUBCUENCA ALTA.....	67
TABLA NO. 36. VALORES DE NUMERO DE CURVA SUBCUENCA MEDIA.....	68
TABLA NO. 37. VALORES DE NUMERO DE CURVA SUBCUENCA BAJA.....	70
TABLA NO. 38. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS IDEAM .....	70
TABLA NO. 39. CONDICIONES BOX PLOT.....	76
TABLA NO. 40. CONDICIONES BOX PLOT.....	77
TABLA NO. 41. CONDICIONES BOX PLOT.....	78
TABLA NO. 42. CONDICIONES BOX PLOT.....	79
TABLA NO. 43. CONDICIONES BOX PLOT.....	80
TABLA NO. 44. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS ESTACIÓN CORINTO.....	81
TABLA NO. 45. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS ESTACIÓN PAJARITO .....	82
TABLA NO. 46. ANÁLISIS DE FRECUENCIA ESTACIÓN AGUAZUL.....	83
TABLA NO. 47. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS ESTACIÓN APTO YOPAL.....	84
TABLA NO. 48. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS ESTACIÓN APTO MORRO .....	85

TABLA NO. 49. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SUBCUENCA ALTA.....	87
TABLA NO. 50. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SUBCUENCA MEDIA.....	88
TABLA NO. 51. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SUBCUENCA BAJA.....	89
TABLA NO. 52. VALORES DE COEFICIENTES A, B, C Y D PARA CÁLCULO DE CURVAS IDF .....	91
TABLA NO. 53. INFORMACIÓN CURVAS IDF CUENCA.....	91

## 1. INTRODUCCIÓN

El corregimiento de santa fe de morichal inicialmente se identificaba como un caserío, sin embargo, en los últimos años, el crecimiento poblacional, la construcción desmesurada y desordenada han provocado que se extienda en cercanías a la ronda hídrica del rio charte, provocando que se presenten riesgos por inundaciones.

Estos eventos son provocados por las altas precipitaciones que se presentan durante los meses de abril a diciembre, sumado a la deforestación y extracción de agregados para cantera.

Para simular estos escenarios se requiere de un análisis hidrológicos e hidráulicos que se simplifican con software especializados, que mediante el ingreso de parámetros y el desarrollo de ecuaciones realiza el modelamiento.

En el mercado existen gran variedad de software para la simulación de escenarios de inundación en cauces naturales, cada uno con diferentes características y visualizaciones. Para este proyecto se estudiará los modelos HEC RAS e IBER, por ser los más comerciales y de los cuales se cuenta con un gran número de elementos para el aprendizaje.

El propósito fundamental de este proyecto es realizar una comparación entre los modelos HEC RAS e IBER, en la determinación de zonas susceptibles a inundación posiblemente ocasionadas por el desbordamiento del cauce del rio Charte, para ello se evaluará inicialmente el entorno, luego el ingreso de los datos, y finalmente el proceso de simulación y resultados, estableciendo cuales son las diferencias más representativas entre los dos modelos.

Para procesar la información antes de la simulación, se requiere del uso de software adicionales como ArcGIS para la identificación de la cuenca y parámetros morfométricos, tipos de cobertura, tipos de suelo, Hyfran para la evaluación de los datos y elección del tipo de distribución a implementar, Hec Hm, para la obtención de caudales Máximos para diferentes periodos de retorno, Civil 3D, para la corrección y exportación de la batimetría, Microsoft Word para la redacción del informe hidrológico, Microsoft Excel para los cálculos y estimaciones hidrológicas necesarias para la verificación e ingreso de datos.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea sobre el cual se enfocará el desarrollo del proyecto estará dirigida en la Gestión y Tecnologías para la Sustentabilidad de las Comunidades

El tipo de investigación a desarrollar para este proyecto es la descriptiva, donde se caracterizará el evento de estudio el cual es la determinación de las zonas susceptibles de amenaza por inundación dentro de un contexto particular y comparativa donde se busca comparar los resultados de modelos HEC RAS e IBER y establecer cuál es el modelo representa mejor a las condiciones reales del evento de estudio.

### 2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En general toda la cuenca de los Llanos orientales tienen un periodo de lluvias que se extiende de Abril a Noviembre, con rango mensual de precipitación entre 350 y 500 mm con picos de hasta 550 mm; durante este periodo de lluvia existe un superávit hídrico al exceder la precipitación a la evapotranspiración potencial y generando zonas de inundación (llanuras de inundación); el periodo seco se presenta entre Diciembre y Marzo, en donde la evapotranspiración aumenta significativamente y se generan periodos de sequía.

En el Departamento de Casanare, se presenta un periodo de verano comprendido entre los meses de diciembre a marzo y un periodo de invierno entre los meses de abril a noviembre. El área más lluviosa está ubicada entre el piedemonte y la vertiente baja de la cordillera, con promedios superiores a 4.000 mm; una franja de lluvias intermedias se sitúa en las vertientes medias de la cordillera y en el área central de departamento con precipitaciones superiores a 2.000 mm. Lo anterior, contribuye a la ocurrencia de riesgos por eventos naturales como: Inundaciones, avalanchas y vendavales, que generan daños a la infraestructura Departamental como son viviendas, vías, puentes y servicios públicos (energía, acueductos y gaseoductos).

Casanare se caracteriza por presentar tres tipos de ecosistemas (vertiente, piedemonte y sabana), en los cuales se presentan diferentes fenómenos amenazantes, como son:

**Vertiente:** Tiene la probabilidad de riesgo alto por deslizamientos, donde se ven afectadas las zonas en época de invierno por los deslizamientos y la socavación laterales realizadas por los ríos y quebradas.

**Piedemonte:** se caracteriza por la probabilidad de riesgo por inundaciones sobre los sectores cercanos a los ríos o caños. Además, presentan algo de deslizamientos producto de la erosión de algunos sectores de loma y lomerío. La afectación mayor de las vías se presenta por inundaciones y falta de manejo de las aguas de escorrentía.

**Sabana:** Se presenta la probabilidad de ocurrencia alta de las inundaciones tanto en el área de sabana como las cercanas a los ríos, caños.

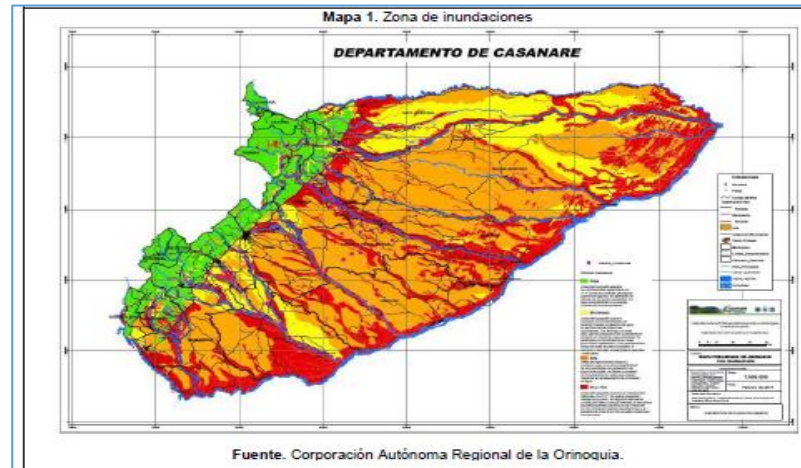


Ilustración 1. Mapa 1 zona de inundaciones

Dentro los municipios susceptibles a este tipo de eventos se encuentra Yopal Casanare, el cual tiene un área de 2532 km<sup>2</sup>, que corresponde al 5.67% del total del departamento con un ecosistema confirmado por un 15% de montaña, 20% de piedemonte y un 65% de llanura. Se encuentra ubicado a una altura promedio de 300 msnm, se caracteriza por tener un clima cálido-húmedo, una temperatura promedio de 27 °C, precipitaciones que sobrepasan los 500 mm, siendo los meses de enero, febrero, marzo y diciembre los más secos y los meses de abril, mayo, junio y julio los más altos. Su cercanía a las cuencas del río Cravo sur, Charte, la topografía, el tipo de coberturas de suelo y las altas precipitaciones convierten en una zona con alta probabilidad de amenaza por inundación

la zona de estudio del proyecto se ubica en el corregimiento de Santafé de Morichal, ubicado a una distancia aproximada de 12 km de la ciudad de Yopal, con una extensión de 42.916,78 ha, un clima cálido húmedo, con precipitaciones promedio anual entre 2.000 mm y 4.000 mm. La topografía de la zona es plana con pendientes inferiores al 3%. Esta zona se ha caracterizado en los últimos años por ser recurrente a eventos de inundación por su cercanía al cauce del río charte y las altas precipitaciones que se presentan en la zona, generando daños en los inmuebles, pérdidas de cultivos y de animales y han puesto en riesgo la salud y vida de los habitantes.

El río Charte nace en el Departamento de Boyacá a la altura de la cota 2800 m.s.n.m. en el cerro de Comejoque. Marca él límite entre Yopal y Aguazul, su recorrido tiene dirección de Nor-occidente a Sur –Oriente. Es el principal afluente del río Cusiana, esta subcuenca tiene un área total de 889 Km<sup>2</sup> de los cuales el 67% (595.4 km<sup>2</sup>) están en Casanare, principalmente en Yopal.

La ronda hídrica del río Charte a lo largo del recorrido por la jurisdicción del corregimiento de Morichal ha desaparecido en un alto porcentaje, a causa de la deforestación, la extracción de material de arrastre de río, y el cambio de uso del suelo, ello aunado a las características de los suelos (arenas, limos y gravas), y el carácter torrencial del río ha originado como es característico en todos los ríos un ensanchamiento de hasta cien (100) metros de la ribera del río.

Para determinar el área de inundación, se requiere de un software capaz de simular las condiciones del evento, mediante el ingreso de parámetros conocidos, para esto se tiene una gran variedad de software en el mercado, algunos de libre acceso y otros con licencia pagada. Los programas HEC RAS e IBER se destacan, por ser los más conocidos, ya sea por la incorporación de una licencia gratuita, facilidad para la descarga, disponibilidad de recursos de aprendizaje y el entorno amigable de la plataforma.

Establecer el modelo a emplear para representar el evento de estudio, requiere que se analice en primer lugar el tipo de ecuaciones que opera, la información que solicita, la forma en que procesa las variables, el tipo de resultados que se requieren y el grado de incertidumbre de los resultados.

Aunque sería conveniente el uso de un solo modelo, por las características de la zona, resultaría insuficiente obtener resultados sin tener un punto de comparación. Para ser más objetivos se realizará la modelación del evento de inundación empleando los dos softwares.

**¿Cuáles son las diferencias más representativas en la simulación y resultados entre los modelos HEC RAS e IBER, en la determinación de zonas de amenaza por inundación en el corregimiento de Santa Fe de Morichal?**

#### 2.2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El corregimiento de Santafé de Morichal se ha visto afectado en los últimos tres años por eventos de altas precipitaciones que sumado a las condiciones de la zona y cercanía al cauce del río Charte lo colocan en una zona de riesgo frente a inundaciones. Estos acontecimientos han sido registrados en noticias de periódicos regionales, de los cuales los más importantes son:

Violeta Estéreo FM- Casanare:

Noticia: “Estos son los estragos que dejaron las lluvias” de 17 de Junio de 2020. Donde se menciona que uno de los sectores afectados por las lluvias es el corregimiento de santa fe de morichal, donde la creciente del rio charte hizo que varios cultivos se echaran a perder



Ilustración 2- Noticia Violeta Estéreo:

Fuente: <https://www.violetastereo.com/wp/estos-son-los-estragos-que-dejaron-las-lluvias/>- <https://youtu.be/MJ4Peb4nK2Q>

Prensa Libre Casanare:

Noticia: “Río Charte afectó a por lo menos 13 familias en el Corregimiento de Morichal” menciona que trece familias fueron damnificadas por la creciente del rio charte, además hacen un llamado a las autoridades para que analicen obras de contención o mitigación en la ribera del rio

Noticia: “Río Charte causó inundaciones en la vereda La Consigna”, menciona que en la vía que conduce del corregimiento de morichal al municipio de maní, a la altura de la vereda la consigna, el rio charte se desbordo afectando viviendas y cultivo



Ilustración 3. Noticia Prensa Libre Casanare

Fuente: <https://prensalibrecazanare.com-> Rio charte provoco inundaciones

### 2.2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

**¿Cuáles son las diferencias más representativas en la simulación y resultados entre los modelos HEC RAS e IBER, en la determinación de zonas de amenaza por inundación en el corregimiento de santa fe de morichal?**

### 2.2.3. VARIABLES DEL PROBLEMA

- Zona de Amenaza por inundación: se refiere a la zona que puede verse afectada por el evento de estudio
- Inundación: Representa la problemática esencial del estudio.
- Precipitación: representa la causa del evento de estudio y el parámetro fundamental de la modelación
- Caudales: representa parte del evento en zonas cercanas al río y es parámetro fundamental de la modelación
- Zonas de cobertura de suelo: se requiere para la determinación del número de curva esencial para la modelación
- Topografía: es esencial en la determinación de los modelos de elevación digital para la determinación de los parámetros morfológicos de la zona y la batimetría de los cauces.
- Geología: permite establecer el número de curva y el comportamiento de la lluvia.
- Modelos Iber o Hec Ras: son softwares necesarios para la modelación del evento de estudio
- Fenómeno de la Niña: se caracteriza por un aumento considerable de las precipitaciones

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

El corregimiento de santa fe de morichal en los últimos años ha sufrido de periodos de fuertes precipitaciones que sumado al tipo de cobertura de suelo compuesta por zonas mejoradas de pastos, cultivos y zonas de bosque, la topografía de la zona con pendientes del 3% y del 10" en proximidad a la vega del río charte y la cercanía a la ronda hídrica del cauce del río charte, han generado como consecuencia eventos de inundación que han puesto en riesgo la vida de los habitantes de la zona y de animales producto de la ganadería, la porcicultura y la avicultura, además



de las múltiples afectaciones a la estructuras de vías, viviendas y cultivos.

Actualmente representar escenarios de inundación requieren del uso de un software, que mediante el ingreso de datos y el uso de ecuaciones hidrológicas e hidráulicas representen las condiciones del evento de la manera más cercana. En el mercado existen gran variedad de software enfocados en este tipo de análisis, sin embargo, el software HEC RAS e IBER son los más conocidos y de los cuales se encuentran importantes recursos de aprendizaje, de los cuales la mayoría son gratuitos, asimismo su entorno amigable y la compatibilidad con software complementarios como ArcGis, civil 3d necesarios para el procesamiento de la información, los convierten en los modelos más comerciales para este tipo de eventos.

Estos modelos tienen la capacidad de simular las condiciones del evento de estudio en cierta medida ya que encuentra limitados por la disponibilidad y confiabilidad de los datos, las ecuaciones que implementa, las cuales son de tipo empíricas y los modelos de elevación digital que se implementen. Determinar la zona de amenaza por inundación requiere que el modelo integre una serie de parámetros característicos de la zona y simule el evento lo más cercano a la realidad, para esto es necesario realizar una comparación de los resultados de los modelos. HEC RAS como IBER, tienen un entorno amigable, que facilita la identificación y el manejo de las herramientas, el coeficiente de rugosidad de Manning hace parte fundamental de la simulación, la diferencia entre los dos está en la forma como se puede integrar y la visualización que ofrece, mientras que HEC RAS permite su facilidad para integrarlo en las secciones transversales, IBER lo integra por áreas delimitadas por polígonos y visualizarlas por tipos de colores. Otra característica fundamental es que IBER permite establecer un tipo de malla que permite un mayor detalle en la simulación mientras que HEC RAS lo generaliza

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo de los modelos Hec RAS e IBER, estableciendo cuales son las diferencias más representativas en la simulación y resultados en la determinación las zonas susceptibles a riesgo por amenaza de Inundación, en el Corregimiento De Santa Fe de Morichal, Municipio De Yopal, Departamento De Casanare

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mediante de los resultados obtenidos, establecer las diferencias más representativas entre los modelos HEC RAS e Iber, tanto en la simulación como en los resultados.
- Determinar las zonas susceptibles a riesgo por amenaza de inundación por el posible desbordamiento del cauce del rio charte en el área del corregimiento de Santa fe de Morichal
- Utilizando los datos de zonas de cobertura de suelo del IDEAM y los datos de geología del suelo del servicio geológico colombiano establecer el número de curva CN para la zona de estudio.
- Identificar la zona de ronda hídrica del rio Charte, mediante el uso del software ArcGIS
- Determinar los parámetros morfológicos de la zona de estudio, mediante el uso del software ArcGIS
- Mediante el uso de los Software Hyfran, determinar la distribución que mejor se ajusta a los datos de las series de precipitación y caudales
- Realizar los análisis de confiabilidad y sensibilidad de las series de precipitación y caudal de las estaciones que tienen incidencia, estableciendo el periodo para el análisis.
- Identificar los parámetros y procedimientos necesarios para la modelación en HEC RAS e IBER
- Establecer las recomendaciones necesarias, alternativas de obras, para la reducción del riesgo en las zonas de estudio
- Comparar la forma y el caudal pico de los hidrogramas obtenidos con ambos modelos hidráulicos

## 4. MARCOS DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

**Descripción de la zona de estudio:** se refiere a la identificación de las características físicas de la zona de estudio

**IDEAM:** es una entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente en Colombia

**IGAC:** es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia (es la agencia cartográfica nacional de Colombia), elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble, realizar el inventario de las características de los suelos,

**Servicio Geológico Colombiano:** es una agencia adscrita al Ministerio de Minas y Energía, encargada de realizar el estudio de los recursos naturales y los peligros que estos amenazan

**Modelo de Elevación Digital:** es un modelo que representa visualmente los valores de la altura y forma de relieve de la zona de estudio. Se puede identificar o representar por medio de mediciones topográficas, visualización con drones y mediante el registro de satélites

**Riesgo:** Se considera como el daño potencial que las amenazas de inundación pueden generar en la vida de una población y en las estructuras como vías, edificaciones, etc.

**Amenaza de inundación en áreas urbana.** Los sistemas de alcantarillado pluvial de las ciudades o los elementos que los constituyan pueden fallar o verse afectado ante la ocurrencia de eventos que superen la capacidad hidráulica para la cual fueron diseñados y construidos

**Batimetría:** Una batimetría se refiere al levantamiento topográfico del relieve de superficies del terreno cubierto por el agua.

**Caracterización hidrológica de la cuenca:** determinación de los parámetros físicos y comportamiento

**Modelos hidrológicos:** es una representación simplificada de un evento real,

mediante el uso de un software especializado

**Representación de la amenaza:** visualización de la zona de amenaza en un plano con elevación.

**Inundación:** Es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, bien por desbordamiento de ríos y por lluvias torrenciales.

#### 4.2 MARCO TEÓRICO

Para describir los principales conceptos usados en el estudio de crecientes y cálculo de niveles máximos en la Quebrada Casirba, se toma como referencia los conceptos dados en Hidrología Básica (Henry, 1986), Hidrología aplicada (Ven Te Chow D. M., 1994) y Flood Hydrology Manual (Cudworth, 1992) son:

##### **Área de drenaje (área de cuenca)**

Es la superficie del terreno que contribuye al escurrimiento, hacia el cauce principal y sus tributarios, delimitada por la divisoria de aguas o línea imaginaria que se ubica en los puntos de mayor elevación topográfica.

##### **Orientación**

Este parámetro se determina de acuerdo a la orientación del río principal de la cuenca en relación al Norte y se considera su influencia especialmente en las zonas de ladera en donde la inclinación de las vertientes afectará la influencia solar

##### **Factor de Forma (Kf)**

Es un factor necesario para establecer la dinámica esperada de la esorrentía superficial en una cuenca.

<b>f</b>	<b>Forma</b>
<1	Tiende a ser alargada
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser cuadrada

Tabla No. 1. Factor de Forma

## Coeficiente de compacidad (kc)

Permite determinar la irregularidad de la cuenca mediante la expresión:

$$K_c = 0,282 \frac{P}{A^{0,5}}$$

Dónde:

Kc: coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (longitud de la línea parteaguas)

A: área de la cuenca

Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad.

## Tiempo de concentración

Es el tiempo que toma el agua superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés.

Fórmula	Ecuación	Parámetros
<i>Giandotti</i>	$T_c = \left( \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{LS}} \right)$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (m/m) $A$ = Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )
<i>Johnstone y Cross</i>	$T_c = 2,6 \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,5}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (m/km)
<i>SCS – Ramser</i>	$T_c = 0,947 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $H$ = Diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente principal (m)
<i>Ventura – Heras</i>	$T_c = 0,3 \left( \frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,75}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (%)
<i>Ven Te Chow</i>	$T_c = 0,273 \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,64}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (m/m)
<i>Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos</i>	$T_c = 0,28 \left( \frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (m/m)

Fórmula	Ecuación	Parámetros
<i>Kirpich</i>	$T_c = 0,06628 \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (m/m)
<i>Témez</i>	$T_c = 0,3 \left( \frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (%)
<i>Williams</i>	$T_c = 0,683 \left( \frac{L A^{0,40}}{D S^{0,25}} \right)$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (h) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $D$ = Diámetro de una cuenca circular con área $A$ (km) $A$ = Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )
<i>Bransby – Williams</i>	$T_c = \frac{14,6 L}{A^{0,1} S^{0,2}}$	$T_c$ = Tiempo de concentración de la cuenca (min) $L$ = Longitud del cauce principal (km) $S$ = Pendiente media del cauce principal (m/m) $A$ = Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )

Tabla No. 2. Formulas Tiempo de Concentración

### Parámetros de Drenaje:

#### Orden de los cauces

Proporciona el orden de las corrientes, la cuales pueden ser de primer, segundo, tercer y n orden

#### Densidad de drenaje (Dd)

Este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la cual drenan las corrientes hídricas

$$D_d = \frac{\text{Longitudcorrientes(km)}}{\text{Areacuenca(km}^2\text{)}}$$

#### Longitud del cauce principal

Es la distancia medida desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio donde se ubicará el punto de cierre

#### Índice de sinuosidad

Es la relación entre la longitud total o de un tramo de cauce principal y la longitud en línea recta de ese mismo cauce o tramo de cauce estudiado.

### Categorías de clasificación del índice de sinuosidad

Tipo de canal	Índice
Rectilíneo	< 1,05
Sinuoso	1,05 - 1,5
Meandrizante	> 1,5
Entrelazado	> 1,8
Anastomosado	> 2

Tabla No. 3. Índice de Sinuosidad

### Parámetros de relieve:

#### Elevación

Es uno de los parámetros más determinantes de la oferta hídrica y del movimiento del agua a lo largo de la cuenca. De ella dependen en gran medida la cobertura vegetal, la biota, el clima, el tipo y uso del suelo y otras características fisiográficas de un territorio.

#### Pendiente media del cauce

Es un factor determinante en la velocidad de escorrentía de la cuenca. Se identifica por medio de la expresión:

La pendiente media del cauce principal se determinará mediante la metodología de Taylor

- Schwartz, que tiene la siguiente formulación:

$$S = \left[ \sum \frac{L_i}{\left( \frac{1}{\sqrt{S_i}} \right)} \right]^2$$

Dónde:

S: Pendiente media del cauce principal (m/m)

L: Longitud del tramo (m) entre las curvas de nivel

Si: Pendiente media del tramo (m/m)

#### Precipitación

La Lluvia es parte fundamental en el sistema hidrológico. La variación temporal y espacial de la lluvia afecta directamente el comportamiento de la escorrentía. Los eventos de lluvia son medidos en estaciones, que luego mediante métodos directos e indirectos se identifica la incidencia sobre la cuenca

#### Número de Curva (CN)

Siguiendo el proceso descrito en el Manual de drenaje de carreteras (Instituto Nacional de vías, 2009), necesario para la caracterización de las cuencas del

sistema hidrológico en estudio, se hace un reconocimiento sobre el grupo de suelo hidrológico, el uso y el tratamiento de la tierra, la condición hidrológica superficial y las condiciones de humedad antecedente.

### **Clasificación hidrológica de los suelos**

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos son utilizados en el planteamiento de cuencas para la estimación de la escorrentía superficial a partir de la precipitación.

Grupo A. (Bajo potencial de escorrentía): Suelos que tienen alta tasa de infiltración incluso cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.

Grupo B. (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos.

Grupo C. (Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos.

Grupo D. (Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos.

## **4.3 MARCO JURÍDICO**

### **Ley No. 1341 del 30 de julio de 200936:**

"Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones - tic-, se crea la agencia nacional de espectro y se dictan otras disposiciones".

### **Decreto-Ley 2811 del 74**

Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente

### **Decreto 1541 de 1978**

De las aguas no marítimas, y parcialmente la Ley 23 de 1973. Normas relacionadas con el recurso agua. Dominio, ocupación, restricciones, limitaciones, condiciones de obras hidráulicas.

### **Ley 46 de 1988**

Se reglamentan la creación del sistema nacional para la prevención y atención a desastres



### **Ley 388 de 1997**

Mejorar la seguridad de los asentamientos humanos ante los riesgos naturales

### **Decreto 1729 de 2002**

Por el cual se reglamentan la parte VIII, título 2, capítulo III del decreto – Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas

### **Decreto 1807 del 19 de septiembre del 2014**

Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.

### **Ley 1523 - 24 de abril del 2012**

Por el cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

### **Decreto No. 2245 de 2017**

"Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible", en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.

### **Decreto 1640 de 2 de agosto de 2020**

Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dicta otras disposiciones

### **Decreto 1076 de 26 de mayo de 2006**

Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible

### **Resolución 1907 del 27 de diciembre de 2013**

Por el cual se expide la guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas

### **Resolución 10 del 7 de julio de 2003**

Por la cual se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas

### **Plan Nacional para la gestión integral del recurso hídrico (PNGIRH)**

Es una política generada por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial con el objetivo de orientar la planificación, administración, seguimiento y monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional bajo un criterio de gestión integral del mismo cumpliendo con 6 objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, desde el 2010 hasta el 2022. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2010)

### **Planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA)**

Esta guía establece los criterios técnicos, procedimientos y metodologías que se deben tener en cuenta en las fases de aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación ambiental, formulación, ejecución y seguimiento y evaluación, así como los lineamientos para abordar los temas de participación y la inclusión del riesgo para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA).

### **Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Yopal (POT)**

Este documento establece el conjunto de acciones político, administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por el municipio, en ejercicio de la función pública que le compete, dentro de los límites fijados por la constitución y las leyes, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción, y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas culturales.

### **Corporación Autónoma regional de la Orinoquía (CORPORINOQUIA)**

Es la encargada de otorgar las licencias, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos requeridos por la ley, para el uso y aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables. Promulga normas para el manejo de cuencas hidrográficas, ordenamiento territorial para la utilización, protección, preservación y recuperación del medio ambiente, funciones establecidas en el artículo 31 de la ley 99. (Corporinoquia, 2016)

## **4.4 MARCO GEOGRÁFICO**

Si el propósito de la investigación está orientado a un desarrollo cuya implementación se realizará en un espacio específico, es necesario presentar este

tipo de marco desde el cual indicará las características como coordenadas, altura, clima, temperatura, entre otras, que permitan ubicar la región, así mismo se debe hacer uso de mapas y croquis.

Yopal, municipio capital del departamento de Casanare, goza de una posición geográfica estratégica, al estar localizado al oriente de Colombia, en el corazón del Llano colombiano, región Orinoquia, a una altura promedio de 300 metros sobre el nivel del mar, condiciones de clima cálido-húmedo, temperatura promedio de 27°C, dista de Bogotá a 327 kilómetros, de Villavicencio a 262 kilómetros y del eje Cundiboyance a 198 kilómetros.

Así mismo se caracteriza por ser el municipio capital de departamento más joven con tan solo 77 años de vida jurídico-administrativa y hoy en su parte rural lo conforman 11 corregimientos (El Charte, Mata de Limón, La Chaparrera, El Morro, El Taladro, Punto Nuevo, Quebrada seca, Morichal, Tacarimena, Tilodirán, Alcaraván la Niata) y 96 veredas. La parte urbana está conforma por 7 comunas (Comuna I Ciro Reina, Comuna II Calixto Zambrano, Comuna III Clelia Riveros de Prieto, Comuna IV Ciudad Campiña, Comuna V Javier Manuel Vargas Granados, Comuna VI Ciudadela Llano Lindo, Comuna VII Juan Nepomuceno Moreno) y 104 barrios.



Ilustración 4 Ubicación Municipio de Yopal- Casanare

Fuente: [www.yopal.gov.co](http://www.yopal.gov.co)

Los límites del Corregimiento de Santafé de Morichal son Norte con el casco urbano de Yopal. El Caño Agua Verde lo separa del Corregimiento de Tacarimena. Sur con El Rio Charte que lo separa del Municipio de Aguazul. Occidente con La Quebrada La Upamena que lo separa del Corregimiento del Charte. El Rio Charte lo separa del Municipio de Aguazul. Oriente limita con los corregimientos de Tacarimena y Tilodirán. El corregimiento de Morichal tiene una extensión de 42.916,78 ha, aproximadamente de las cuales 66,8 conforman el Centro Poblado morichal, ubicado entre los pares coordenados 1°069.500 N y 855.250 E y 1°070.500 N y

854.000 E. al sur de la cabecera municipal de Yopal a una distancia aproximada de 12 Km, sobre la vía Departamental (pavimentada) que conduce al corregimiento de Tilodirán, en la margen izquierda del Rio Charte, aguas abajo. La topografía donde se ubica el Centro poblado es plana, con pendientes inferiores al tres por ciento presentando pendientes hasta del diez por ciento en el punto de encuentro de la sabana alta con la vega del rio; con drenajes naturales hacia el caño Morichal localizado en la parte sur y hacia el occidente buscando el Rio Charte. El clima está calificado como cálido húmedo, con precipitaciones promedio anual entre dos mil y cuatro mil milímetros (2.000 – 4.000), radiación solar de seis a ocho horas diarias.

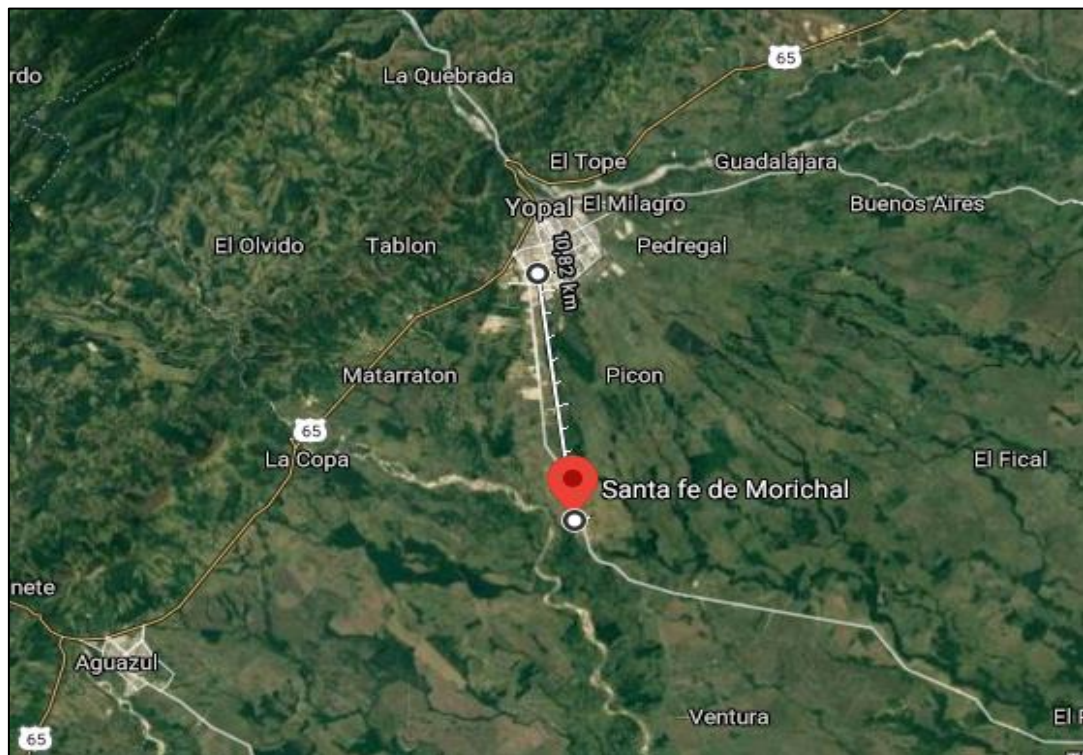


Ilustración 5. Ubicación Corregimiento de Santa de Morichal  
Fuente: Google Maps



Ilustración 6. ubicación del centro poblado de Santa Fe de Morichal,  
Fuente: Google Maps

#### 4.5. ESTADO DEL ARTE

No se han realizado estudios en la zona de estudio que sea de acceso libre, la información existente es de propiedad de empresas privadas; sin embargo, se han realizado estudios en otras zonas del departamento de Casanare, entre estas las más importantes y que guardan relación con el proyecto son:

#### ESTUDIO DE CRECIENTES Y CÁLCULO DE NIVELES MÁXIMOS EN LA QUEBRADA CASIRBA EN EL CRUCE SOBRE LA VÍA LA CABUYA-SÁCAMA EN EL DEPARTAMENTO DEL CASANARE

- Autor: Laura Cristina Fuentes Fontecha. Año 2019
- Universidad: Universidad Católica de Colombia-Facultad de Ingeniería-Programa de Especialización en Recursos Hídricos

Resumen: El proyecto tiene como objetivo estimar y analizar las crecientes y los niveles máximos en la Quebrada Casirba sobre la vía La Cabuya – Sácama en el departamento del Casanare, mediante el software HEC-HMS para periodos de retorno de 2,33 50 y 100 años.

## DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE INUNDACIÓN MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS SIG EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL RIO CRAVO SUR, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE YOPAL, DEPARTAMENTO DE CASANARE

- Autor: Liliana Lisbeth Calixto Ramon. Año 2017
- Universidad: Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas- Especialización en Sistemas de Información Geográfica- SIG, en Convenio Con el IGAC
- Resumen: El proyecto tiene como objetivo la determinación de zonas susceptibles de inundación mediante el uso de herramientas SIG, Mediante el uso de los Software HEC RAS, Arcgis, y su extensión HEC- Georas

## ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA Y VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN, MEDIANTE MODELAMIENTO ESPACIAL EN EL SECTOR ISLA LA MANGA MUNICIPIO DE YOPAL, CASANARE

- Autor: Liliana Lisbeth Calixto Ramon. Año 2018
- Universidad: Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas- Especialización en Sistemas de Información Geográfica- SIG, en Convenio Con el IGAC
- Resumen: Las precipitaciones altas ocasionan el aumento en la carga hídrica en la cuenca de los ríos, originando desbordamientos que propician situaciones de amenaza. La zonificación de la amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad por inundación son procedimientos fundamentales para la toma decisiones desde el punto de vista de la planificación de un territorio y los estudios para la mitigación y gestión del riesgo. Utilizando los insumos hidrológicos e hidráulicos, se obtiene información de profundidad y velocidad del flujo según las características de la pendiente. La clasificación del nivel de amenaza por inundación de la zona, tiene las categorías (Alta, Media, Baja). El mapa es el producto de la fusión de la capa de profundidades y velocidades por cada pixel, las que posteriormente fueron categorizadas en los distintos niveles de amenaza. En este estudio se utilizaron las técnicas, procedimientos y herramientas propios de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para conocer con exactitud las áreas de amenaza y vulnerabilidad por inundación, mediante modelamiento espacial en el sector isla la Manga en el municipio de Yopal. Se precisaron los insumos y criterios necesarios para zonificar las áreas de amenaza y evaluar la vulnerabilidad por inundación y luego se procedió a mapear. Finalmente, se desarrolló un servicio web GIS para la gestión, visualización, consulta y análisis de los resultados para la toma de decisiones.



## EVALUACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN DEL RÍO UNETE EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE AGUAZUL – CASANARE

- Autor: Laura Daniela Jácome Hernández-Rafael Andrés Muñoz Quintero. Año 2018
- Universidad: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil
- Resumen: El municipio de Aguazul está localizado en el departamento de Casanare, a 27 km de la ciudad de Yopal. Su extensión total es de 148 Km<sup>2</sup> de las cuales 4,23 km<sup>2</sup> son de la zona urbano y los restantes 143,77 km<sup>2</sup> pertenecen a la zona rural, cuenta con tres fuentes hídricas principales, los ríos Cusiana, Únete y Charte. En el municipio de Aguazul se ha evidenciado históricamente la amenaza generada por el río Únete a causa del desbordamiento e inundaciones que provoca este sobre cabecera del municipio produciendo un fuerte impacto en la población, la economía y la infraestructura de la zona. Los mayores desastres evidenciados en el municipio se deben a las fuertes precipitaciones que se presentan en temporada invernal causando el desbordamiento del río. Por medio del modelo hidráulico desarrollado utilizando el software Iber se determinaron las zonas que se encuentran en amenaza por el desbordamiento del río Únete para construir mapas de inundación y zonificar las áreas disponibles para el asentamiento urbano. El desarrollo del proyecto tuvo en cuenta dos etapas, en primer lugar el trabajo realizado en campo para obtener la información de topografía y batimetría del río Únete a su vez se empleó como información secundaria los registros de caudales obtenidos a partir de la estación hidrológica Los Esteros ubicada en el municipio de Aguazul – Casanare, los antecedentes registrados de la base de datos Desinventar y proyectos relacionados con el tema; esto con el fin de realizar la modelación hidráulica que permitió determinar el grado de amenaza en que se encuentra el municipio de estudio

## EVALUACIÓN DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD POR DESBORDAMIENTO DEL RÍO CUSIANA EN LA ZONA URBANA DE MANI – CASANARE

- Autor: Constanza Catalina Acuña Durán-María Juliana del Pilar Ordoñez Ramírez. Año 2018
- Universidad: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil
- Resumen: El municipio de Maní Casanare localizado en la cuenca baja del río Cusiana, ha presentado inundaciones constantes el cual ha afectado a fincas y viviendas situadas a la orilla de este río. En el año 2015 se presentó fuertes precipitaciones entre los meses de mayo y junio en donde dejaron

100 viviendas afectadas por inundaciones en el municipio de Maní a causa del desbordamiento del río Cusiana. La población afectada requiere de información actualizada para determinar qué nivel de amenaza y vulnerabilidad tiene frente a inundaciones presentadas en esta zona; de lo cual se propone obtener datos estadísticos (encuestas) que permita contrastar resultados de modelos hidrodinámicos para identificar las áreas más afectadas. Ya realizando las encuestas y obteniendo los datos históricos descriptivos de los de las fechas y afectaciones procedemos a modelar con los programas respectivos (ARC-GIS, Hec ras, AutoCAD, entre otros), de esta manera el resultado brindado por estas modelaciones nos permite clasificar las zonas donde se encuentren más afectadas y poder determinar la solución prestada a esta zona

#### MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES - PAZ DEL RÍO A LO LARGO DEL RÍO CHICAMOCHA, EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

- Autor: Mora Mariño, Wilfredy- Ochoa Guerrero, Rene Gilberto. Año 2016
- Universidad: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
- Resumen: Este estudio, se focaliza sobre el fenómeno de las inundaciones, el cual ha sido recurrente, debido a altas precipitaciones como factor detonante. Los fenómenos climáticos son un factor principal en la modelación y continua transformación de la superficie terrestre, estos dependiendo de cada región afectan de manera diferente y traen consecuencias nefastas en el desarrollo de una localidad según su intensidad y duración. Las inundaciones son unos de los riesgos naturales que producen mayor número de pérdidas tanto humanas como materiales

#### ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LOS CAUCES DEL T.M DE CUEVAS BAJAS (MÁLAGA). COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LOS PROGRAMAS HEC-RAS E IBER

- Autor: de Rus, Ortega, Alejandro. Año 2015.
- Universidad: Dep. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla
- Resumen: Analizar los cauces (Arroyo Burriana y Río Genil), susceptibles de provocar inundaciones en el T.M de Cuevas Bajas (Málaga), cabe destacar que se estudia el último tramo del arroyo Burriana (no es objeto del presente estudio, estudiarlo completo) con objeto de estudiar su incidencia en el Río



Genil. Comparando los resultados de los programas informáticos HEC-RAS (Unidimensional) e Iber (Bidimensional), de los resultados obtenidos en dicho estudio se proyecta una infraestructura de protección, que palie los efectos de las inundaciones en el núcleo de población

#### MANUAL PARA EL CÁLCULO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN: ERN-INUNDACIÓN Y COMPLEMENTARIOS A PARTIR DE UN EJEMPLO DE APLICACIÓN

- Autor: Amaya Cardona, Miguel Ángel. Año 2017.
- Universidad: Universidad Católica de Colombia
- Resumen: En el presente proyecto se va elaborar un manual para estudiantes de pregrado a partir de un ejemplo de aplicación, con el objetivo de calcular las amenazas por inundación de una zona específica, haciendo uso del software ERN-Inundación y otros complementarios. Dicho manual se hará paso a paso explicando cómo usar cada uno de dichos softwares

#### MODELACIÓN HIDRODINÁMICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ALERTAS TEMPRANAS POR INUNDACIÓN EN LA ECOREGIÓN DE LA MOJANA - NECHÍ, ANTIOQUIA

- Autor: Caicedo Páez, Yuri Alejandra. Año 2017.
- Universidad: Universidad Católica de Colombia
- Resumen: Se plantea el desarrollo del modelo hidrodinámico para determinación de alertas tempranas en la eco región de Mojana, específicamente en el municipio de Nechí – Antioquia. Se realiza la mancha de inundación del territorio, donde se tiene en cuenta la topografía de la zona, condiciones hidrológicas, características de la población y coordenadas a analizar. Se realiza en el programa Iber y se estudia el comportamiento del río

#### COMPARACIÓN DE LOS MODELOS HIDRÁULICOS UNIDIMENSIONAL Y BIDIMENSIONAL EN EL ANÁLISIS DE INUNDACIONES EN EL RÍO VIRÚ

- Autor: Gutiérrez Reynaga, Max Josemar. Año 2018.
- Universidad: Universidad Nacional Agraria la Molina
- Resumen: El estudio se realiza en un tramo de 10 km del Río Virú, con la finalidad de determinar las zonas de inundación, identificar puntos críticos y

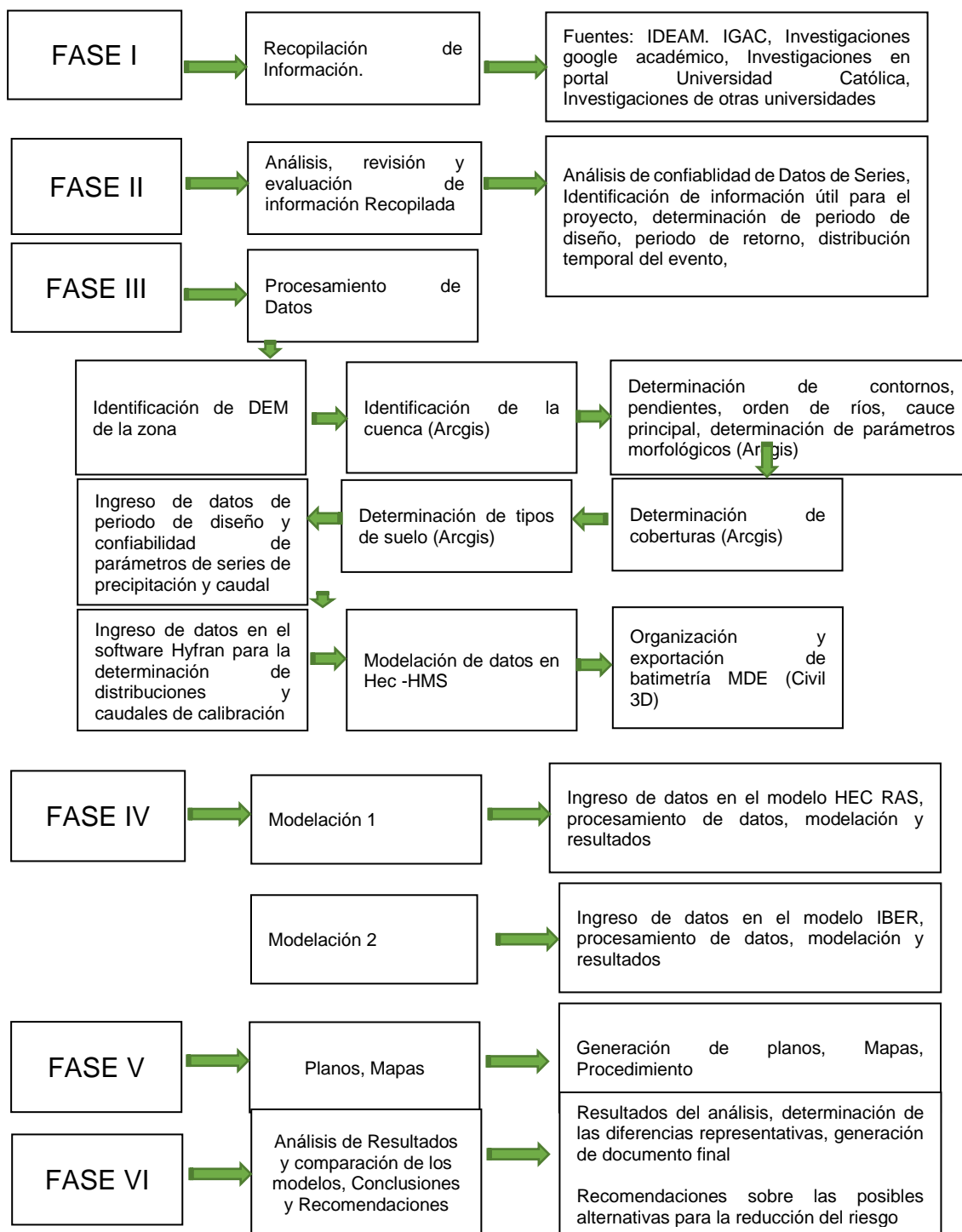
comparar los resultados obtenidos empleando los modelos unidimensionales y bidimensionales. El desarrollo del presente trabajo de investigación tomo tres (03) etapas: trabajo de pre-campo, que fue la recopilación de información y coordinación con instituciones relacionadas al tema; trabajo de campo, en la que se realizó la identificación de los puntos críticos de la zona de estudio y trabajo de gabinete, que consistió en la sistematización de la información hidrológica y topográfica a trabajarse en los diferentes programas de modelación, así mismo, se usó la data generada para determinar la pérdida económica de las zonas inundadas

#### ESTUDIO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CABECERA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA, MEDIANTE EL SOFTWARE HEC-RAS EN 2D PARA TR 10, 20 Y 100 AÑOS

- Autor: Figueroa Silva, Katherine Daniela, Velásquez Herrera, Sandra Yamile. Año 2019.
- Universidad: Universidad Católica de Colombia
- Resumen: El presente informe tiene como finalidad presentar el análisis de amenaza por inundación mediante el software HEC-RAS para períodos de retorno de 10 20 y 100 años y su categorización mediante la metodología propuesta por el MINAMBIENTE en la cabecera municipal de Garzón Huila. En primera instancia, se debe entender por análisis de la amenaza como un elemento primordial en el ordenamiento territorial de los municipios y las cuencas hidrográficas, dado que permite identificar y desarrollar un diagnóstico de los diferentes fenómenos naturales que se presentan en los territorios, los cuales generan afectaciones

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO



## 5.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Datos reportados por el **IDEAM** ( Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) de datos: Precipitación, Caudales, temperatura, humedad relativa, brillo solar, entre otros)

Coberturas de suelo **IGAC**: El Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

Tipos de Suelo ( **Servicio Geológico Colombiano**): El Servicio Geológico Colombiano o SGC, es una agencia adscrita al Ministerio de Minas y Energía, encargada de realizar el estudio de los recursos naturales y los peligros que esta amenaza

**Software Arcgis**: ArcMap es un software que permite recopilar, administrar, analizar, organizar, compartir información geográfica.

**Software HEC HMS**: El sistema de modelado hidrológico está diseñado para simular los procesos de precipitación y escurrimiento de las cuencas de drenaje.

**Software HEC Ras**: (Hydrological Engineering Center - River Analysis System) es un programa que hace modelos hidráulicos unidimensionales, compuesto por 4 tipos de análisis en ríos: Modelos de flujo en régimen permanente, Modelos de flujo en régimen no permanente, Modelos del transporte de sedimentos, Análisis de calidad de aguas. Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua, por ello su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

**Hyfran**: es un programa usado de una distribución estadística de series de datos independientes e idénticamente distribuida.

**Civil 3D**: es una solución de diseño y documentación para ingeniería civil que admite flujos de trabajo de **BIM (Building Información Modeling)**. El software AutoCAD Civil 3D ayuda a los profesionales de las infraestructuras a conocer mejor el rendimiento de los proyectos, a mantener datos y procesos más coherentes, y a reaccionar con mayor rapidez ante los cambios.

## 5.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

El objetivo de este proyecto es realizar una comparación entre los modelos HEC

RAS e IBER en la determinación de las zonas susceptibles de amenaza por inundación, ocasionados por la cercanía del cauce del río Charte con el corregimiento de Santa Fe de Morichal.

Los modelos HEC RAS e IBER, permiten la modelación de escenarios de inundación provocado por desbordamiento de cauces naturales, estos se caracterizan por ser los más asequibles, esto debido a la variedad de recursos gratuitos para el aprendizaje y por la licencia de tipo gratuita que ofrece. Solo se evaluará HEC RAS en su módulo de 1D e IBER en 2D, esto debido a que el módulo de dos dimensiones del Hec RAS aún está en etapa de desarrollo.

Es necesario tener datos de series confiables para ello se realizará un análisis de calidad y consistencia de los datos de máximas precipitación (mensual-diaria) y de caudal máximos, estableciendo el periodo de diseño. Como no se cuenta con una estación de caudal en el área de la batimetría se tomará como referencia la estación de puente Charte realizando los respectivos tránsitos para la determinación de las series. Para los datos de precipitaciones se identificarán las incidencias de las estaciones cercanas por método de polígono de Thiessen.



Ilustración 7. Ubicación Estación Caudal Puente Charte  
Fuente: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Catalogo-Estaciones-IDEAM/n6vw-vkfe>

Para determinar la posible afectación a futuro los periodos de retorno escogidos serán de 10,25,50 y 100 años

En el procesamiento de los datos obtenidos de la información recopilada, se utilizará softwares como Arcgis, para la referenciación de coordenadas y determinación de las características de la cuenca de estudio, HEC HMS para la determinación de los caudales máximos en el cauce y en la zona de amenaza, HYFRAN, para determinar las distribuciones que mejor se ajusta a los datos, CIVIL 3D para corregir, exportar

la batimetría del cauce y para la construcción de planos. La herramienta de Excel para el procesamiento de los datos correspondientes a la hidrología.

Aunque los modelos realizan la simulación de los eventos, estos resultados son solo cercanos y estarán en función de la calidad de la información que se procese e ingrese al modelo. Para este proyecto se utilizará la información disponible en fuentes del IDEAM, el servicio geológico colombiano, plan parcial del corregimiento de morichal y modelos de elevación digital del satélite Alos Palsar e información disponible en google Earth y SAS Planet.

No se tendrá como un factor determinante las edificaciones cercanas ni el efecto que se pueda producirse por causa del evento, ni el transporte de sedimentos en la zona. Los resultados pueden ser utilizados con fines académicos, para continuar investigaciones o como punto de comparación en proyectos que involucren la identificación de zonas de amenaza.

## 6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA Y PRELIMINAR

La recopilación de información se realizó en instituciones que guardan relación con este tipo de estudios. Cartografía en El I.G.A.C., información Hidrológica y Meteorológica en El IDEAM, de Bogotá. De manera complementaria se utilizaron imágenes del sensor remoto LandSat 8 del año 2020, y se recuperaron imágenes de sensores remotos de alta precisión de las bases de datos espaciales Bing Maps y Google Earth, así como un MDT ALOS PALSAR con resolución 12.5 metros; toda la información geo – espacial se procesó empleando georreferenciación al sistema de coordenadas planas Origen Nacional.

### 6.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y SATELITAL

La información cartográfica empleada corresponde a restituciones fotogramétricas realizadas por El I.G.A.C. en escalas 1:100.000 y 1: 25.000. La información topográfica corresponde al levantamiento realizado para el desarrollo de los diseños y se presenta en los estudios. Así mismo, se emplea MDT ALOS PALSAR con resolución 12.5m, necesario para la correspondiente delimitación e identificación de parámetros morfométricos de la cuenca en estudio.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN	FUENTE
1	Cartografía escala 1:100.000 y 1:25.000	- Cartografía Básica Geoportal IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
2	DEM ALOS PALSAR resolución 12.5m	Raster: AP_24128_FBD_F0100_RT1 AP_25222_FBD_F0100_RT1 AP_25222_FBD_F0090_RT1	<a href="http://vertex.daac.asf.alaska.edu">http://vertex.daac.asf.alaska.edu</a>
3	Geología general de Colombia escala 1:100.000	Plancha 175, 176, 196, 197	<a href="https://www.sgc.gov.co">https://www.sgc.gov.co</a>

Tabla No. 4. Información Base

Fuente: Autor

## 7 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

En el estudio para el análisis de la respuesta de las Inter cuencas hidrográficas se deben tener en cuenta algunos procesos físicos determinantes en la identificación del comportamiento de la misma, entre los cuales se tienen los relacionados con topografía, suelos, geología regional, vegetación, actividades antrópicas, clima, hidrología e hidráulica. Para el caso particular del presente estudio, se expone a continuación las consideraciones y análisis pertinentes para la identificación de la respuesta hidrológica e hidráulica de la red de drenaje presente en el área objeto de estudio.

La obtención de índices morfométricos y fisiográficos es de gran utilidad puesto que el comportamiento hídrico y la capacidad de producción de sedimentos de una cuenca hidrográfica, están en función de las características climáticas, edáficas, geomorfológicas y de cobertura vegetal. A su vez, la respuesta hidrológica y el escurrimiento superficial contribuyen considerablemente a determinar las condiciones físicas, por su interacción con otros elementos naturales o antrópicos de la cuenca.

La forma de una cuenca controla la velocidad con que el agua llega al cauce principal, cuando sigue su curso, desde el origen hasta la confluencia o desembocadura. La forma de la cuenca tiene incidencia marcada en la cantidad de lluvia captada por la misma, afectando a su vez los tiempos de concentración. La forma puede tener un gran efecto sobre la hidrografía y el comportamiento de la corriente, específicamente con relación a la dirección del movimiento de la lluvia. Para una pertinente determinación de los parámetros morfométricos de una cuenca se parte de la identificación de patrones de drenaje o corrientes superficiales tomando como referencia información cartográfica oficial actual sobre el área en cuestión. Del mismo modo, partiendo de esta a escala 1:100.000 y 1:25.000, así como de un MDT ALOS PALSAR, se desarrolla la delimitación de las cuencas en estudio y sus respectivos cauces principales.

Con fundamento en la información derivada de la delimitación de las cuencas hidrográficas cuyos cauces están presentes en la zona de estudio, se procedió a realizar la evaluación de parámetros morfométricos, de cada corriente superficial. Estos parámetros dependen de características relativas a la forma de la cuenca y su relieve, los cuales presentan relaciones entre sí y la red de canales existentes en la cuenca; permitiendo con ello llegar a una aproximación en el comportamiento hidrológico superficial de la cuenca en estudio.



## 7.1 Delimitación De Cuencas

Tomando como referencia la información expuesta en tablas de Información Base y con la asistencia del software ArcMap 10.3 se identifican las corrientes superficiales presentes en el área de estudio, y con ello la delimitación de cuencas. En la Imagen siguiente se aprecia la delimitación de la cuenca

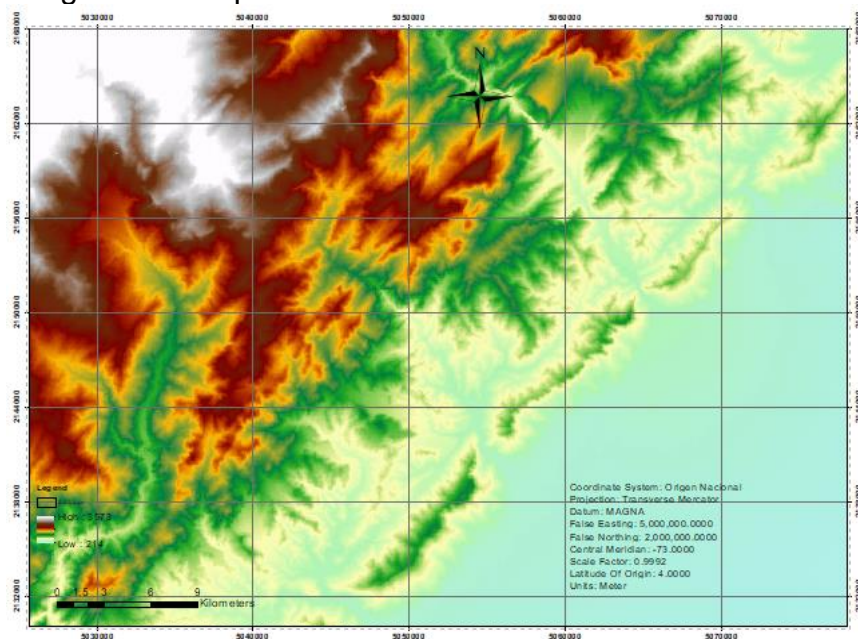


Ilustración 8. DEM General de la Zona

Fuente: Arc Map 10.3

Por medio de la herramienta Fill de Arc Tool Box -Arcgis 10.3, se realizó el rellenado de las áreas sin pixel, esto con el propósito de evitar errores en la modelación posterior.

Para la identificación de las pendientes y elaboración geometría para exportar a Hec Ras, se realizó el recorte del DEM de Alos Palsar descargado, para esto se utilizó la herramienta extrac to mask- Arc Tool Box -Arcgis 10.3, la cual permite recortar un área específica por medio de la extracción de la zona con un polígono

Posteriormente se creó el shape tipo punto para el cierre o desembocadura de la cuenca, necesario para delimitar la cuenca por medio de la herramienta Watersheed Arc Tool Box -Arcgis 10.3

La divisoria de aguas identificada se comparó en la herramienta Google Earth, esta permite insertar el shape de la cuenca y visualizarla con el terreno en 3d. La cuenca se ajusta a las condiciones del relieve de la zona

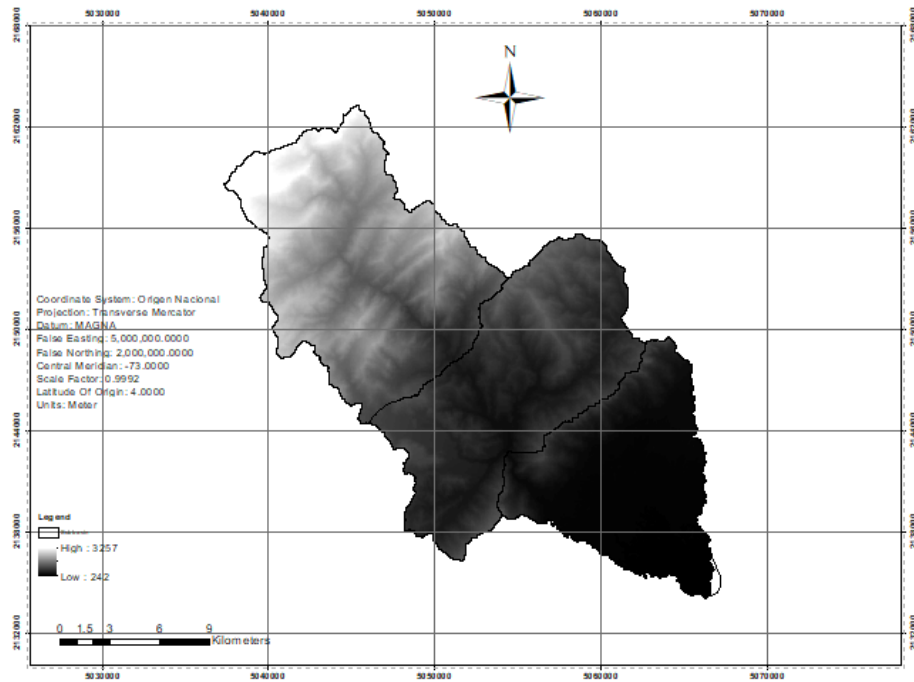


Ilustración 9 Modelo de Elevación Digital Alos Palsar-Cuenca  
Fuente: Arc Map 10.3

Para la identificación y clasificación de las pendientes en la cuenca se utilizó la herramienta slope y classify - Arc Tool Box -Arcgis 10.3.

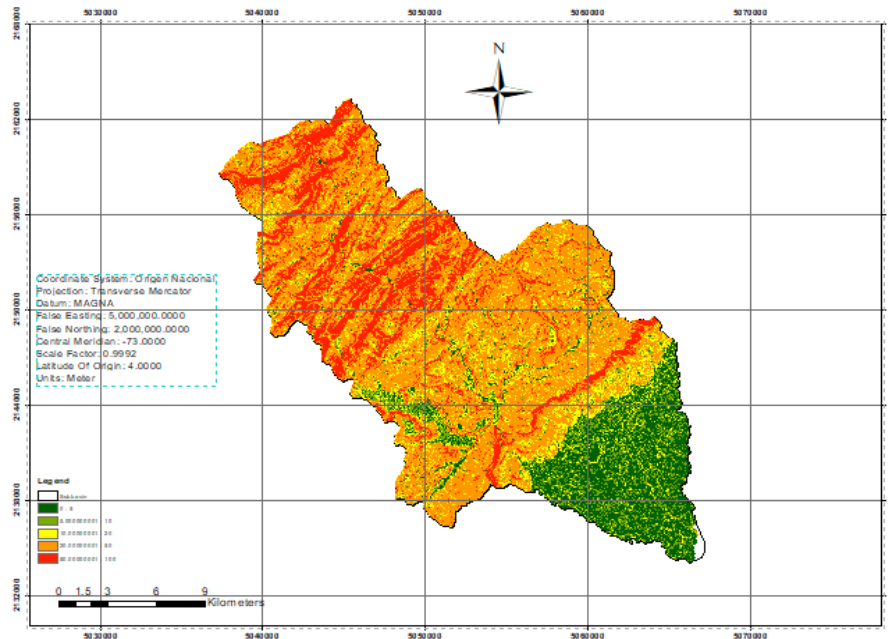


Ilustración 10. Pendientes  
Fuente: Arc Map 10.3

Para la identificación de los drenajes del DEM, se utilizó la herramienta de Flow Direction - Arc Tool Box -Arcgis 10.3, la cual identifica la dirección del flujo

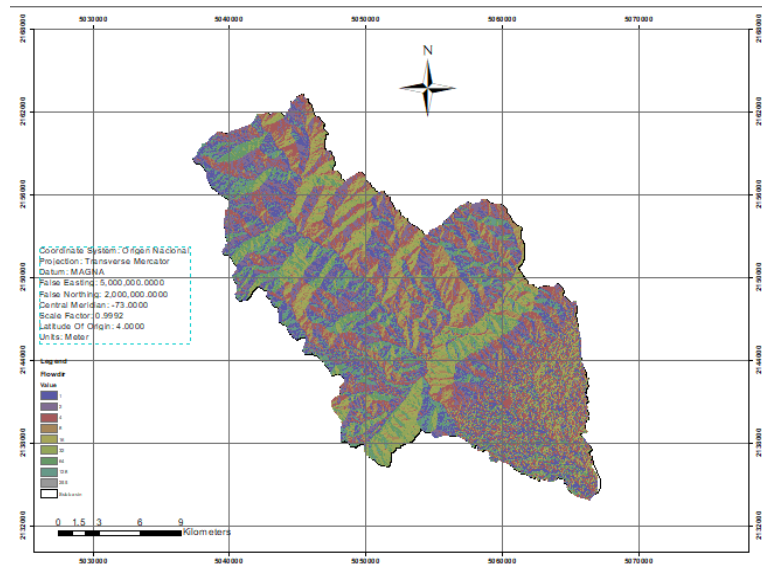
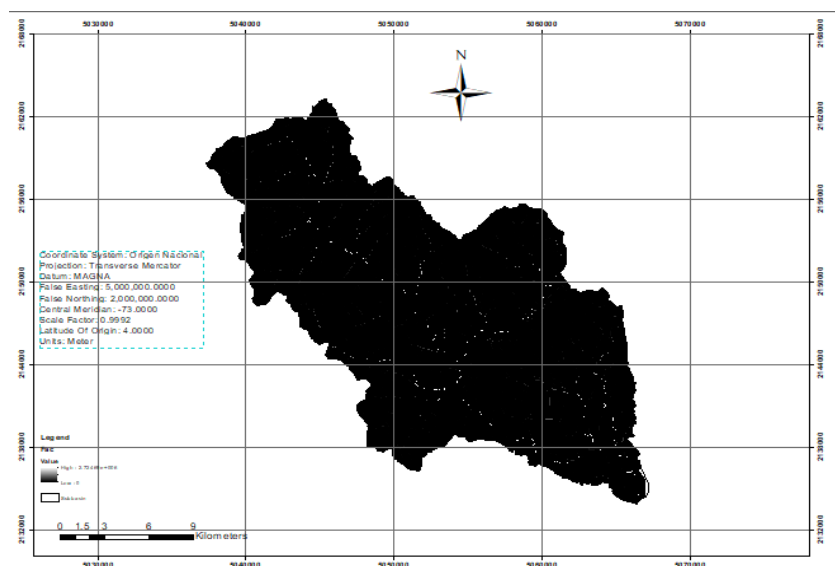


Ilustración 11 Flow Direction

Fuente: Arc Map 10.3

Posteriormente se utilizó la herramienta de Flow Accumulation - Arc Tool Box -Arcgis 10.3, esta permite identificar las zonas donde los pixeles presentan un mayor valor, esto se conoce como zonas de acumulación.



## 7.2 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA ALTA

### 7.2.1 VARIABLE SUPERFICIAL

#### 7.2.1.1 ÁREA DE LA SUB CUENCA(A):

El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis

Área Subcuenca 168.87 km<sup>2</sup>

### 7.2.2 VARIABLES LINEALES

#### 7.2.2.1 PERÍMETRO(P):

El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis

Perímetro Subcuenca 85.00 km

#### 7.2.2.2 LONGITUD TOTAL DE CAUCE (LTC):

Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos

Longitud cauce Ltc: 259.85 km

#### 7.2.2.3 LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL (LCP):

Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria. Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje

Longitud Lcp: 24.67 km  
Clase Largo

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Tabla No. 5. Clases de Longitud de Cauce  
Fuente: Delgado, 2011

#### 7.2.2.4 LONGITUD DE CAUCES SECUNDARIOS (LCS):

Es la sumatoria total de todos los ríos tributarios al río principal

Longitud Lcs 235.18 km

#### 7.2.2.5 LONGITUD AXIAL (LA):

Es la longitud en línea recta del eje mayor de la cuenca

Longitud La 25.46 km

#### 7.2.2.6 ANCHO MEDIO (AM)

Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud axial.

Formula

$$Am = \frac{A}{La}$$

Ancho (Am) 6.63 km

#### 7.2.2.7 LONGITUD TOTAL DE CURVAS A NIVEL (LTCN):

Es la suma de las longitudes de todas las curvas de nivel dentro de la cuenca.

Longitudes curvas (Ltcn) 7663.60732 km

#### 7.2.2.8 ORDEN DE LA CORRIENTE

Se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se unen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente.

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua en determinados tipos de relieve

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Tabla No. 6. Orden de Corrientes

Fuente: Delgado, 2011

Rango de Ordenes 3-6  
Clase de Orden Medio

#### 7.2.2.9 NUMERO DE ESCURRIMIENTOS (NESC)

Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca. Se contabiliza mediante SIG a través del número de segmentos marcados en el mapa digitalizado. Constituye una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y por tanto, favorece el escurrimiento

Rangos de escurrimiento	Clases
0-170	Bajo
170-340	Medio
>340	Alto

Tabla No. 7. Numero de escurrimientos

Fuente: Delgado, 2011

Nesc 540 Alto

#### 7.2.3 VARIABLES DE DESNIVEL

##### 7.2.3.1 Diferencia De Elevación De Cauce (ECP):

Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto más Alto 2889.64  
Punto más Bajo 470  
Ecp 2419.64 m

##### 7.2.3.2 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (SC):

La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre

los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

Formula:

$$Sc = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$$

Hmax: cota máxima de la cuenca 2889.64

Hmin:cota mínima de la cuenca 470

L: Longitud de cauce principal en m 24.67 m

Pendiente 0.09807536 9.808 %

Clase Suave

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Tabla No. 8. Clases de Pendientes

Fuente: Delgado, 2011

### 7.2.3.3 DIFERENCIA DE ELEVACIÓN DE LA CUENCA (ES)

Es la diferencia en m. entre la altitud del punto más elevado en la divisoria y a la salida de la cuenca. La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella (Delgado, 2011)

Altitud más elevada de la divisoria 3257

Altitud en la salida de la cuenca 461

Es 2796 m

Clase ALTA

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Tabla No. 9. Clases de Elevación

Fuente: Delgado, 2011

#### 7.2.3.4 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (S):

La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce

Formula

$$S = 100 \left( \frac{Ltcn - eq}{A} \right)$$

Longitud total de curvas a nivel (Ltcn) 7663.60732 m

Equidistancia entre curvas a nivel (Eq) 10 m

Area 168.869787 m<sup>2</sup>

Pendiente 45.3225379 %

0.45322538 m/m

#### 7.2.3.5 CURVA HIPSOMÉTRICA

La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales. En este sentido, se puede relacionar la altitud con la distribución de la precipitación sobre el territorio. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente tabla

Formula

$$H = \frac{\sum ci.ai}{A}$$



$H$  = elevación media de la cuenca

$c_i$  = cota media del área  $i$ , delimitada por 2 curvas de nivel

$a_i$  = área  $i$  entre curvas de nivel

$A$  = área total de la cuenca en  $Km^2$

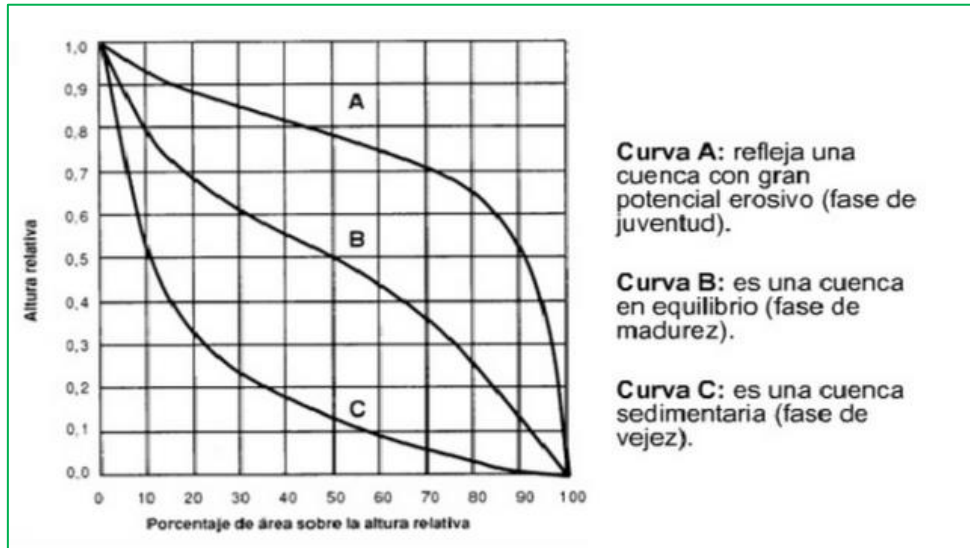


Ilustración 13 Tipos de Curvas Hipsométricas

Fuente: Delgado, 2011

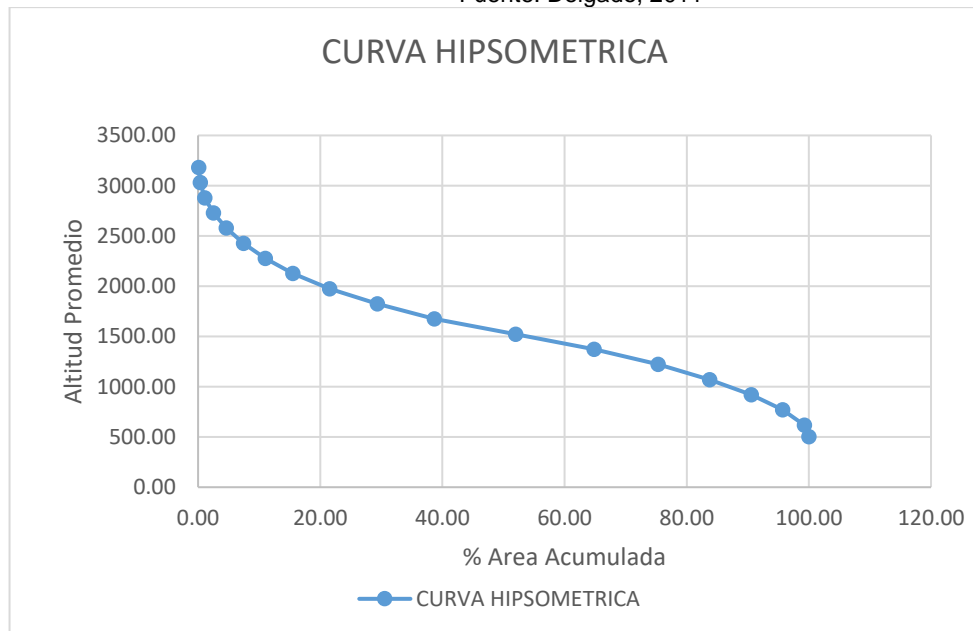


Ilustración 14 Curva Hipsométrica de Cuenca Alta  
Tipo de Curva Curva B

## 7.2.4 VARIABLES DE DESNIVEL

### 7.2.4.1 DENSIDAD DE DRENAJE (DD)

La densidad de drenaje es la densidad de cauces por unidad de área. Permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión (Delgado, 2011).

Formula

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots \dots \frac{Km}{Km^2}$$

Li: Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca  
259.85 km  
Area de la Cuenca 168.87 km<sup>2</sup>  
Densidad de Drenaje 1.54  
Clase Baja

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Tabla No. 10. Clases Densidad de Drenaje

Fuente: Delgado, 2011

### 7.2.4.2 FORMA DE LA CUENCA

Cuenca con la misma área y el mismo perímetro pueden tener formas diferentes, lo cual crea también dos comportamientos diferentes en la generación de las crecidas. Para evaluar la forma se usan los siguientes índices:

- Coeficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Las cuencas que tienden a una forma circular, tienen mayor facilidad para concentrar la esorrentía. Sin embargo, las

cuenas alargadas presentan alta peligrosidad a las crecidas cuando la tormenta se mueve en la dirección aguas abajo (Delgado,2011).

Formula

$$Kc_g = 0.28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

P: Perímetro de la cuenca 85.00 km

A: Área de la cuenca 168.87 km<sup>2</sup>

Kcg: Coeficiente de compacidad o de gravelius 1.83

Clases De Oval Redonda a Oval Oblonga

Rangos de K <sub>c</sub>	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Tabla No. 11. Clases de Compacidad

Fuente: Delgado, 2011

b. Coeficiente de forma (Kf):

Este índice, propuesto por Gravelius, se estima a partir de la relación entre el área de captación y la longitud axial de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta.

Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un Kf = 1 para regiones con esta forma, que es imaginaria. Un valor de Kf superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas (Delgado, 2011).

Formulas

$$K_f = \frac{A}{L_a^2}$$

A: Área de la cuenca 168.87

La: Longitud axial 25.46 km

Kf: Coeficiente de forma 0.26049124 km<sup>2</sup>

Clase Ligeramenta Achatada

Rangos de $K_f$	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Tabla No. 12. Clases de Forma

Fuente: Delgado, 2011

c. Índice de alargamiento ( $I_a$ ):

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente.

Formula

$$I_a = \left( \frac{L_m}{I} \right)$$

$I_a$ : Índice de alargamiento

$L_m$ : Longitud máxima de la cuenca 25.46 km

$I$ : Ancho máximo de la cuenca 6.63 km

Rango 3.84

Clase Muy alargada

Rangos de $I$	Clases de alargamiento
< 1,4	Poco alargada
1,4-3,0	Moderadamente alargada
>3,0	Muy alargada

Tabla No. 13. Clases de Alargamiento

Fuente: Delgado, 2011

## 7.2.5 VARIABLES ADICIONALES DE LA CUENCA

Rendimiento Hidrico 70 [l/s/km<sup>2</sup>]

Caudal Base 2412.42553 [m<sup>3</sup>]

## 7.3 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA MEDIA

### 7.3.1 VARIABLE SUPERFICIAL

#### 7.3.1.1 ÁREA DE LA SUB CUENCA(A):

El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis

Área Subcuenca 145.41 km<sup>2</sup>

### 7.3.2 VARIABLES LINEALES

#### 7.3.2.1 PERÍMETRO(P):

El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis

Perímetro Subcuenca 82.78 km

#### 7.3.2.2 LONGITUD TOTAL DE CAUCE (LTC):

Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos

Longitud cauce Ltc: 239.31 km

#### 7.3.2.3 LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL (LCP):

Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria. Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje

Longitud Lcp: 8.26 km  
Clase Corto

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Tabla No. 14. Clases de Longitud del Cauce  
Fuente: Delgado, 2011

#### 7.3.2.4 LONGITUD DE CAUCES SECUNDARIOS (LCS):

Es la sumatoria total de todos los ríos tributarios al río principal

Longitud Lcs 231.05 km

#### 7.3.2.5 LONGITUD AXIAL (LA):

Es la longitud en línea recta del eje mayor de la cuenca

Longitud La 8.26 km

#### 7.3.2.6 ANCHO MEDIO (AM)

Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud axial.

Formula 
$$Am = \frac{A}{La}$$

Ancho (Am) 17.60 km

#### 7.3.2.7 LONGITUD TOTAL DE CURVAS A NIVEL (LTCN):

Es la suma de las longitudes de todas las curvas de nivel dentro de la cuenca  
Longitudes curvas (Ltcn) 4357.94704 km

#### 7.3.2.8 ORDEN DE LA CORRIENTE

Se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se unen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente.

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua en determinados tipos de relieve

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Tabla No. 15. Clases de Orden de Corrientes

Fuente: Delgado, 2011

Rango de Ordenes 3-6  
Clase de Orden Medio

#### 7.3.2.9 NUMERO DE ESCURRIMIENTOS (NESC)

Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca. Se contabiliza mediante SIG a través del número de segmentos marcados en el mapa digitalizado.

Constituye una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y por tanto, favorece el escurrimiento

Rangos de escurrimiento	Clases
0-170	Bajo
170-340	Medio
>340	Alto

Tabla No. 16. Numero de Escurrimientos

Fuente: Delgado, 2011

Nesc 464 Alto

#### 7.3.3 VARIABLES DE DESNIVEL

##### 7.3.3.1 DIFERENCIA DE ELEVACIÓN DE CAUCE (ECP):

Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto mas Alto 470  
Punto mas Bajo 350  
Ecp 120 m

##### 7.3.3.2 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (SC):

La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

Formula:

$$Sc = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\grave{i}n}}{L} \times 100$$

Hmax: cota máxima de la cuenca 470  
Hmin:cota mínima de la cuenca 350  
L: Longitud de cauce principal en m 8.26 m  
Pendiente 0.01452568 1.453 %  
Clase Suave

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Tabla No. 17. Clases de Pendientes  
Fuente: Delgado, 2011

#### 7.3.3.3 DIFERENCIA DE ELEVACIÓN DE LA CUENCA (ES)

Es la diferencia en m. entre la altitud del punto más elevado en la divisoria y a la salida de la cuenca. La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella (Delgado, 2011)

Altitud más elevada de la divisoria 1221  
Altitud en la salida de la cuenca 345  
Es 876 m  
Clase ALTA

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Tabla No. 18. Clases de Elevacion  
Fuente: Delgado, 2011

#### 7.3.3.4 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (S):

La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce



Formula

$$S = 100 \left( \frac{L_{tcn} - eq}{A} \right)$$

Longitud total de curvas a nivel (Ltcn) 4357.94704 m  
 Equidistancia entre curvas a nivel (Eq) 10 m  
 Area 145.407911 m<sup>2</sup>  
 Pendiente 29.9017227 %  
 0.29901723 m/m

### 7.3.3.5 CURVA HIPSONOMÉTRICA

La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales. En este sentido, se puede relacionar la altitud con la distribución de la precipitación sobre el territorio. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente tabla

Formula

$$H = \frac{\sum ci \cdot ai}{A}$$

H = elevación media de la cuenca

ci = cota media del área i, delimitada por 2 curvas de nivel

ai = área i entre curvas de nivel

A = área total de la cuenca en Km<sup>2</sup>

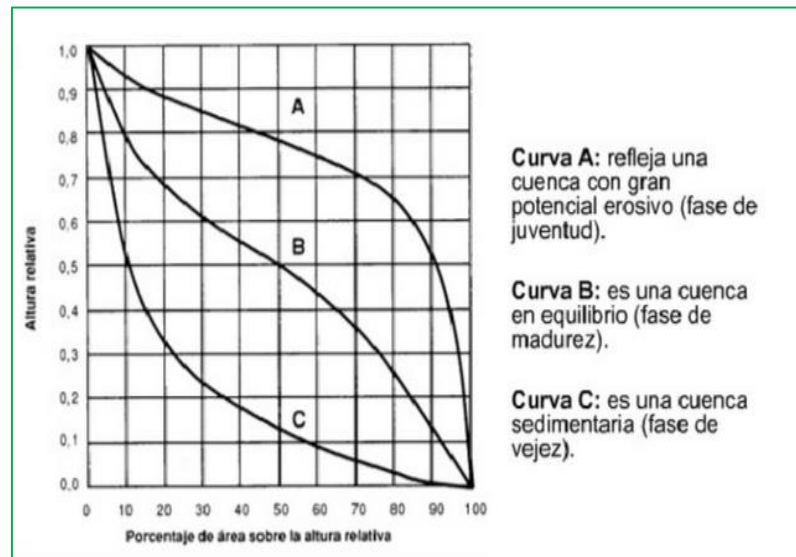


Ilustración 15 Curvas Hipsométricas

Fuente: Delgado, 2011

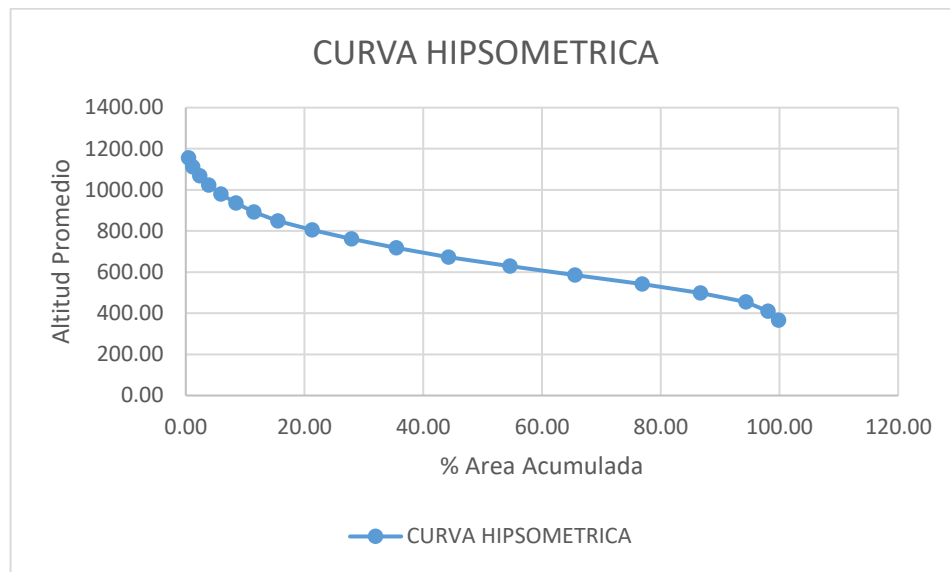


Ilustración 16 Curva Hipsométrica Cuenca Media  
Fuente: Delgado, 2011

Tipo de Curva      Curva B

#### 7.3.4 VARIABLES DE DESNIVEL

##### 7.3.4.1 DENSIDAD DE DRENAJE (DD)

La densidad de drenaje es la densidad de cauces por unidad de área. Permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión (Delgado, 2011).

Formula

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots \dots \frac{Km}{Km^2}$$

Li: Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca  
239.31                      km  
Area de la Cuenca    145.41                      km<sup>2</sup>  
Densidad de Drenaje                      1.65  
Clase Baja

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Tabla No. 19. Clases Densidad de Drenaje  
Fuente: Delgado, 2011

#### 7.3.4.2 FORMA DE LA CUENCA

Cuenca con la misma área y el mismo perímetro pueden tener formas diferentes, lo cual crea también dos comportamientos diferentes en la generación de las crecidas. Para evaluar la forma se usan los siguientes índices:

##### a. Coeficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Las cuencas que tienden a una forma circular, tienen mayor facilidad para concentrar la escorrentía. Sin embargo, las cuencas alargadas presentan alta peligrosidad a las crecidas cuando la tormenta se mueve en la dirección aguas abajo (Delgado,2011).

$$Kc_g = 0.28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Formula

P: Perímetro de la cuenca 82.78 km

A: Área de la cuenca 145.41 km<sup>2</sup>

Kcg: Coeficiente de compacidad o de gravelius 1.92

Clases De Oval Redonda a Oval Oblonga

Rangos de K <sub>c</sub>	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Tabla No. 20. Clases de Compacidad  
Fuente: Delgado, 2011

b. Coeficiente de forma (Kf):

Este índice, propuesto por Gravelius, se estima a partir de la relación entre el área de captación y la longitud axial de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta.

Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un  $K_f = 1$  para regiones con esta forma, que es imaginaria. Un valor de  $K_f$  superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas (Delgado, 2011).

Formulas

$$K_f = \frac{A}{L_a^2}$$

A: Área de la cuenca 145.41  
La: Longitud axial 8.26 km  
Kf: Coeficiente de forma 2.13 km<sup>2</sup>  
Clase Ligeramente Achatada

Rangos de $K_f$	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Tabla No. 21. Clases de Forma

Fuente: Delgado, 2011

c. Índice de alargamiento (Ia):

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente.

$$Ia = \left( \frac{Lm}{I} \right)$$

Formula

Ia: Índice de alargamiento  
Lm: Longitud máxima de la cuenca 8.26 km

l: Ancho máximo de la cuenca      17.60 km  
 Rango 0.47  
 Clase Poco alargada

Rangos de l	Clases de alargamiento
< 1,4	Poco alargada
1,4-3,0	Moderadamente alargada
>3,0	Muy alargada

Tabla No. 22. Clases de Alargamiento  
 Fuente: Delgado, 2011

### 7.3.5 VARIABLES ADICIONALES DE LA CUENCA

Rendimiento Hídrico      70      [l/s/km<sup>2</sup>]

Caudal Base 2077.25587 [m<sup>3</sup>]

## 7.4 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA BAJA

### 7.4.1 VARIABLE SUPERFICIAL

#### 7.4.1.1 ÁREA DE LA SUB CUENCA(A):

El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis

Área Subcuenca      110.35      km<sup>2</sup>

### 7.4.2 VARIABLES LINEALES

#### 7.4.2.1 PERÍMETRO(P):

El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis

Perímetro Subcuenca      76.02 km

#### 7.4.2.2 LONGITUD TOTAL DE CAUCE (LTC):

Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos

Longitud cauce Ltc: 227.71 km

#### 7.4.2.3 LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL (LCP):

Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria. Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje

Longitud Lcp: 19.82 km

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Tabla No. 23. Clases de Longitud del Cauce

Fuente: Delgado, 2011

Clase Largo

#### 7.4.2.4 LONGITUD DE CAUCES SECUNDARIOS (LCS):

Es la sumatoria total de todos los ríos tributarios al río principal

Longitud Lcs 207.89 km

#### 7.4.2.5 LONGITUD AXIAL (LA):

Es la longitud en línea recta del eje mayor de la cuenca

Longitud La 19.82 km

#### 7.4.2.6 ANCHO MEDIO (AM)

Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud axial.

Formula

$$Am = \frac{A}{La}$$

Ancho (A...), ...n

#### 7.4.2.7 LONGITUD TOTAL DE CURVAS A NIVEL (LTCN):

Es la suma de las longitudes de todas las curvas de nivel dentro de la cuenca.

Longitudes curvas (Ltcn) 1605.29884 km

#### 7.4.2.8 ORDEN DE LA CORRIENTE

Se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se unen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente.

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua en determinados tipos de relieve

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Tabla No. 24. Clases de Orden

Fuente: Delgado, 2011

Rango de Ordenes >6  
Clase de Orden Alto

#### 7.4.2.9 NUMERO DE ESCURRIMIENTOS (NESC)

Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca. Se contabiliza mediante SIG a través del número de segmentos marcados en el mapa digitalizado. Constituye una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y por tanto, favorece el escurrimiento

Rangos de escurrimiento	Clases
0-170	Bajo
170-340	Medio
>340	Alto

Tabla No. 25. Numero de Escurrimientos

Fuente: Delgado, 2011

Nesc 322 Alto

### 7.4.3 VARIABLES DE DESNIVEL

#### 7.4.3.1 DIFERENCIA DE ELEVACIÓN DE CAUCE (ECP):

Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto mas Alto 350  
Punto mas Bajo 250  
Ecp 100 m

#### 7.4.3.2 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (SC):

La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

Formula:

$$Sc = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$$

Hmax: cota máxima de la cuenca 995

Hmin:cota mínima de la cuenca 250

L: Longitud de cauce principal en m 19.82 m

Pendiente 0.03758095 3.758 %

Clase Suave

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Tabla No. 26. Clases de Pendientes

Fuente: Delgado, 2011

#### 7.4.3.3 DIFERENCIA DE ELEVACIÓN DE LA CUENCA (ES)

Es la diferencia en m. entre la altitud del punto más elevado en la divisoria y a la salida de la cuenca. La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide



directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella (Delgado, 2011)

Altitud más elevada de la divisoria      995  
 Altitud en la salida de la cuenca    242  
 Es    753    m  
 Clase ALTA

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Tabla No. 27. Clases de Elevación

Fuente: Delgado, 2011

#### 7.4.3.4 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (S):

La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce

Formula

$$S = 100 \left( \frac{Ltcn - eq}{A} \right)$$

Longitud total de curvas a nivel (Ltcn)    1605.30      m  
 Equidistancia entre curvas a nivel (Eq)    10.00    m  
 Area    110.35      m<sup>2</sup>  
 Pendiente    14.46    %  
                  0.14    m/m

#### 7.4.3.5 CURVA HIPSONÓMICA

La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales. En este sentido, se puede relacionar la altitud con la distribución de la precipitación sobre el territorio. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente tabla

Formula

$$H = \frac{\sum ci \cdot ai}{A}$$

H = elevación media de la cuenca

$c_i$  = cota media del área i, delimitada por 2 curvas de nivel

$a_i$  = área i entre curvas de nivel

A = área total de la cuenca en Km<sup>2</sup>

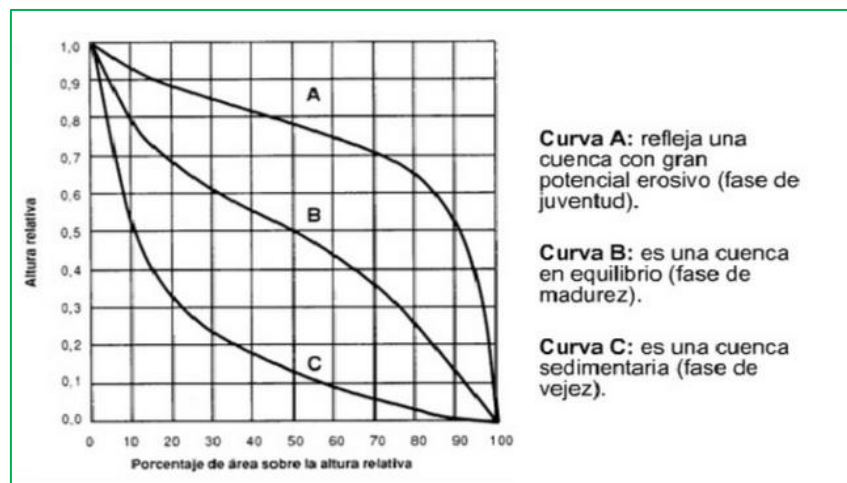


Ilustración 17 Curvas Hipsométricas

Fuente: Delgado, 2011

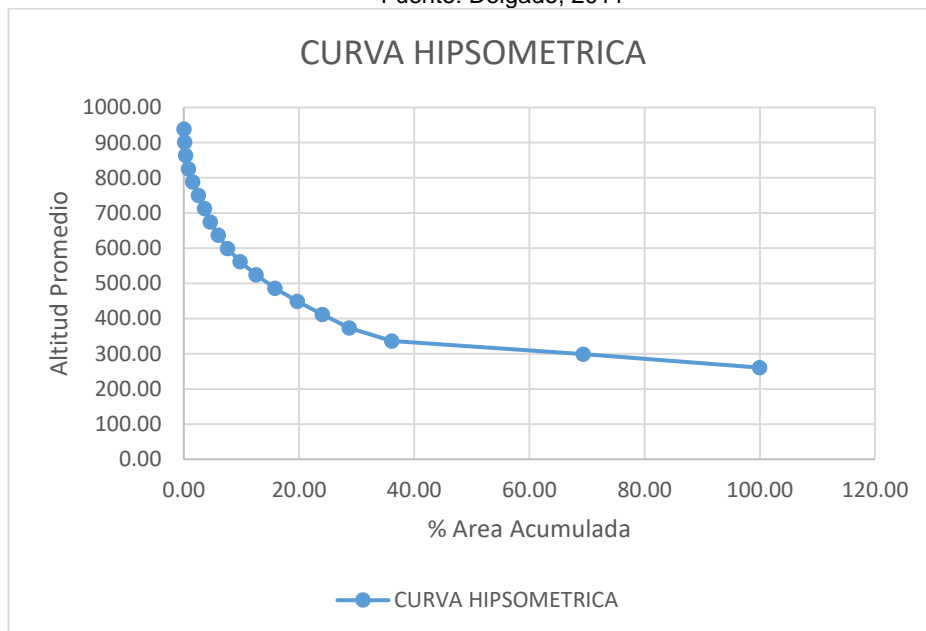


Ilustración 18 Curva Hipsométrica Cuenca Baja

Fuente: Delgado, 2011

Tipo de Curva      Curva C

#### 7.4.4 VARIABLES DE DESNIVEL

##### 7.4.4.1 DENSIDAD DE DRENAJE (DD)

La densidad de drenaje es la densidad de cauces por unidad de área. Permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión (Delgado, 2011).

Formula

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots \dots \frac{Km}{Km^2}$$

Li: Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca  
227.71      km

Area de la Cuenca    110.35      km<sup>2</sup>

Densidad de Drenaje      2.06

Clase Baja

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Tabla No. 28. Clases de Densidad de Drenaje

Fuente: Delgado, 2011

##### 7.4.4.2 FORMA DE LA CUENCA

Cuenca con la misma área y el mismo perímetro pueden tener formas diferentes, lo cual crea también dos comportamientos diferentes en la generación de las crecidas. Para evaluar la forma se usan los siguientes índices:

a.      Coeficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Las cuencas que tienden a una forma circular,

tienen mayor facilidad para concentrar la escorrentía. Sin embargo, las cuencas alargadas presentan alta peligrosidad a las crecidas cuando la tormenta se mueve en la dirección aguas abajo (Delgado, 2011).

Formula

$$K_{cg} = 0.28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

P: Perímetro de la cuenca 76.02 km

A: Área de la cuenca 110.35 km<sup>2</sup>

Kcg: Coeficiente de compacidad o de gravelius 2.03

Clases De Oval Redonda a Oval Oblonga

Rangos de $K_c$	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Tabla No. 29. Clases de Compacidad

Fuente: Delgado, 2011

b. Coeficiente de forma (Kf):

Este índice, propuesto por Gravelius, se estima a partir de la relación entre el área de captación y la longitud axial de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta.

Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un  $K_f = 1$  para regiones con esta forma, que es imaginaria. Un valor de  $K_f$  superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas (Delgado, 2011).

Formulas

$$K_f = \frac{A}{L_a^2}$$

A: Área de la cuenca 110.35

La: Longitud axial 19.82 km

Kf: Coeficiente de forma 0.28 km<sup>2</sup>

Clase Ligeramente Achatada

Rangos de $K_f$	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Tabla No. 30. Clases de Forma

Fuente: Delgado, 2011

c. Índice de alargamiento ( $I_a$ ):

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente.

$$I_a = \left( \frac{L_m}{I} \right)$$

Formula

$I_a$ : Índice de alargamiento

$L_m$ : Longitud máxima de la cuenca 19.82 km

$I$ : Ancho máximo de la cuenca 5.57 km

Rango 3.56

Clase Muy alargada

Rangos de $I$	Clases de alargamiento
< 1,4	Poco alargada
1,4-3,0	Moderadamente alargada
>3,0	Muy alargada

Tabla No. 31. Clases de Alargamiento

#### 7.4.5 VARIABLES ADICIONALES DE LA CUENCA

Rendimiento Hidrico 70 [l/s/km<sup>2</sup>]

Caudal Base 1576.44157 [m<sup>3</sup>]

#### 7.5 IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS

En el balance hídrico y estabilidad de una cuenca, la vegetación es un factor de gran importancia. Puesto que la vegetación emplea cantidades considerables en sus diferentes procesos de transpiración, evaporación e interceptación, generando

una reducción en la respuesta de una cuenca. Por el contrario, la ausencia o poca presencia de vegetación en una cuenca, puede aumentar la respuesta de esta, pero traerá consigo problemas de erosión para la misma. Del mismo modo, la vegetación influye en la velocidad del flujo al aumentar o reducir rugosidad en laderas

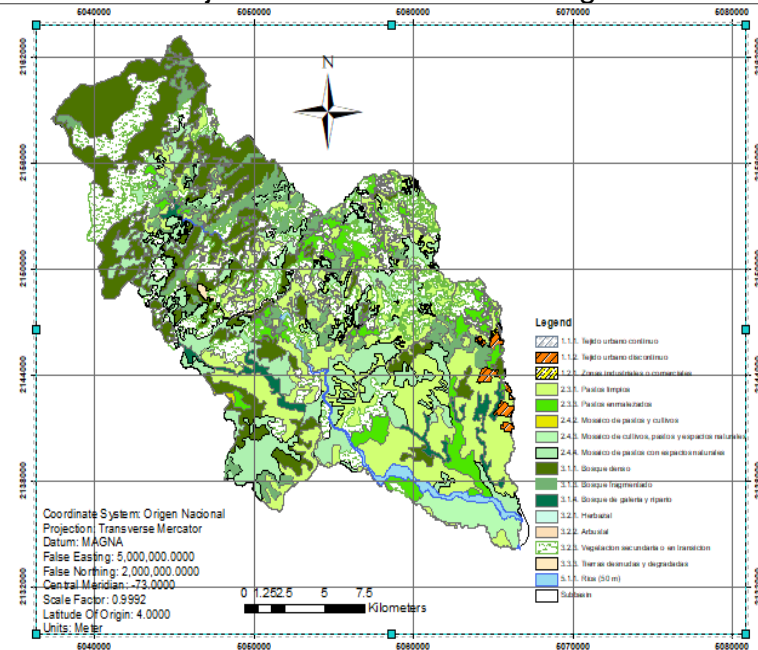


Ilustración 19 Tipos de Cobertura Cuenca  
Fuente: Arc Map 10.3

## 7.6 TIPOS DE SUELOS PRESENTES EN LA ZONA

Los suelos dependerán de la geología y las condiciones climatológicas de un área. Su identificación adecuada permite determinar una aproximación al comportamiento que presenta una cuenca referente a su escorrentía (superficial y subsuperficial), destacando la caracterización de su naturaleza, color y su tipo de vegetación. Al establecer si un suelo es permeable o no, se puede determinar qué tan rápido puede ser la escorrentía en la zona.

El SCS, clasificó hidrológicamente más de 4.000 suelos basándose en su potencial de escurrimiento para lo cual los agrupó en cuatro grupos de suelos hidrológicos, los cuales se identifican con las letras A, B, C y D.

Suelo tipo A: Potencial de escurrimiento bajo. Suelos con altas capacidades de infiltración cuando están completamente húmedos, principalmente arenas y gravas muy bien ordenadas. Suelos con alta transmisión de agua.

Suelo tipo B: Suelos con capacidades de infiltración moderadas cuando están

Completamente húmedos, principalmente suelos medianamente profundos y drenados, con textura de sus agregados variando entre moderada y muy fina. Tiene velocidades medias de transmisión de agua.

Suelo tipo C: Suelos con capacidades de infiltración baja cuando están completamente húmedos, principalmente suelos que contiene una capa que impide el movimiento hacia abajo o suelos con textura fina o moderadamente fina. Estos suelos tienen baja transmisión de agua.

Suelos tipo D: Suelos con capacidades de infiltración muy bajas cuando están completamente húmedos. Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos. Suelos con transmisión del agua muy baja. Tomado de la Resolución 865 de 2004, emanada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Tabla No. 32. Características de Grupos de suelos SUCS

Sobre el área de estudio se identifican materiales de edad Cuaternario, siendo relevantes los Cuaternarios Aluviales Qal y Cuaternario Terraza de Planicie Aluvial. Estas llanuras están predominantemente constituidas por arenas de grano medio, mal seleccionadas, de color gris verdoso, con guijos flotantes de cuarzo angular. Aparecen también granos subredondeados, un alto contenido de matriz lodosa y óxidos de hierro, como accesorios. Esto puede variar lateralmente a lodolitas grises con guijos flotantes de cuarzo angular. Estas llanuras aluviales se encuentran frecuentemente cubiertas por un delgado manto de arena muy fina y limo de origen eólico. La descripción de la litología en cada subcuenca se encuentra en el anexo.

Adaptado de: IGAC, 1998. Mapa Geológico Orinoquia-Amazonia colombiana. Proyecto ORAM. Bogotá.

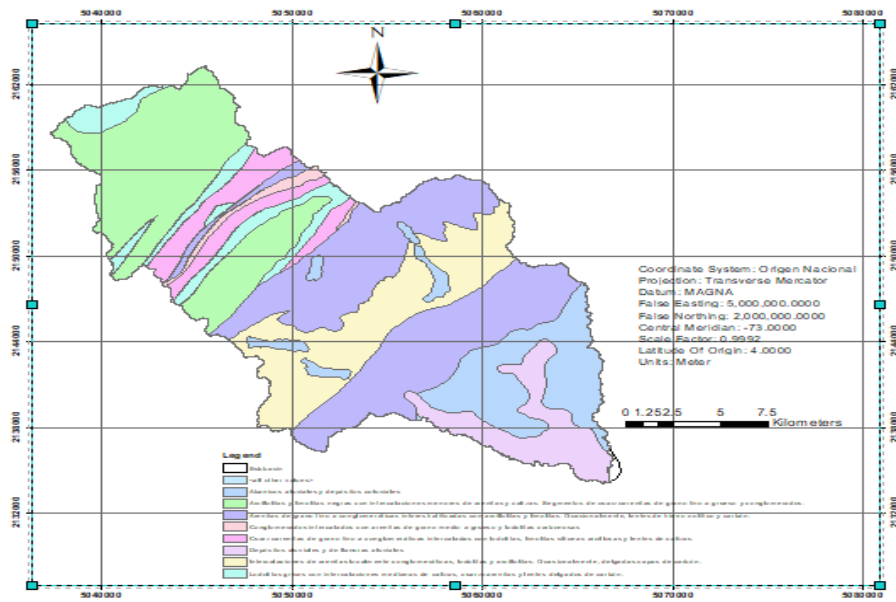


Ilustración 20 Tipos de Suelos Cuenca

Fuente: Arc Map 10.3

## 7.7 NUMERO DE CURVA CN

El procedimiento utilizado para la evaluación de precipitación efectiva basado en el método de número de curva CN para abstracciones de lluvia propuesto por el Soil Conservation Service – SCS, supone que la precipitación total sobre el suelo es igual a la suma de la fracción de agua infiltrada o abstraída antes de producirse el exceso de lluvia, Abstracción Inicial  $I_a$ , la abstracción producida a partir de ese momento, Abstracción Continuada  $F_a$  y el exceso de lluvia o Volumen de Escorrentía  $Q$ . La expresión general para el volumen de escorrentía es:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} ; P > I_a$$

La capacidad de abstracción de un suelo y por lo tanto de generación de escorrentía, según el método del SCS está controlada por tres factores, siendo estos:

- Contenido Inicial de Humedad, estimado en base a la lluvia caída en los 5 días antes de la tormenta de diseño
- Tipo de suelo; según la capacidad de infiltración.
- Tipo de uso del terreno.



Uso de la tierra	Cobertura	Condición hidrológica	Número de Curva			
	Tratamiento o práctica		A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	----	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	bueno	67	78	85	89
	Curvas de nivel	pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	bueno	65	75	82	86
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curv de nivel y en terrazas	bueno	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	bueno	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	bueno	61	73	81	84
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curv de nivel y en terrazas	bueno	59	70	78	81
Sembrios cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	bueno	58	72	81	85
	Curvas de nivel	pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	bueno	55	69	78	83
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curv de nivel y en terrazas	bueno	51	67	76	80
Pastizales o similares		pobre	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel	pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	bueno	6	35	70	79
Pradera		bueno	30	56	71	78
Bosques		pobre	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		bueno	25	55	70	77
Patos		----	59	74	82	86
Camino, incluyendo derecho de vía	Cieno	----	72	82	87	89
	Superficie firme	----	74	84	90	92

Tabla No. 33. Números de Curva

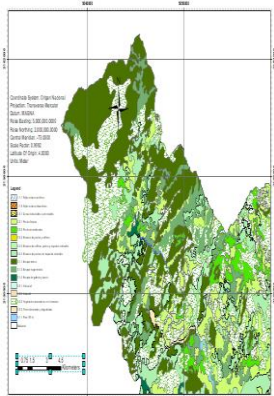
Fuente: Arc Map 10.3

Descripción de las Unidades de Cobertura		Grupos texturales de suelos (CN)			
Código	Unidad	A	B	C	D
111	Tejido urbano continuo	98	98	98	98
112	Tejido urbano discontinuo	77	86	91	94
121	Zonas industriales o comerciales	85	90	92	94
124	Aeropuertos	98	98	98	98
125	Obras hidráulicas	98	98	98	98
131	Zonas de extracción minera	96	96	96	96
142	Instalaciones recreativas	49	69	79	84
211	Otros cultivos transitorios	74	83	88	90
231	Pastos limpios	68	79	86	89
232	Pastos arbolados	49	69	79	84
233	Pastos enmalezados	39	61	74	80
241	Mosaico de cultivos	67	78	85	89
242	Mosaico de pastos y cultivos	68	79	86	89
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	49	69	79	84
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	39	61	74	80
245	Mosaico de cultivos y espacios naturales	39	61	74	80
314	Bosque de galería y ripario	30	55	70	77
315	Plantación forestal	45	66	77	83

Tabla No. 34. Valores de Numero de Curva

Fuente: Modificado de Fieldam 2000

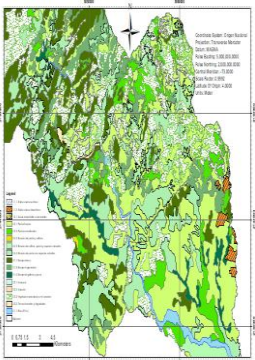
De acuerdo a la distribución, tipo de cobertura y uso del suelo, apoyados en material de cartografía e Imágenes del Satélite Landsat 8, se realiza la evaluación del número de curva CN(II) para cada cuenca hidrográfica. Para estas cuencas se identifica una variación en el tipo de suelo, siendo necesario evaluar para cada uno, su valor CN, según la sub cuenca delimitada. A continuación, se enseña la evaluación realizada para la determinación del CN en función a la sub división de cuencas y cobertura identificada.

DETERMINACION CN					
<b>CUENCA</b>	Subcuenca Alta				
<b>A (Km²)</b>	168.87				
<b>Tipo de suelo</b>	C				
<b>Condición Antecedente</b>	II				
GRIDCODE	Cobertura	Área			
		km2	%		
231	2.3.1. Pastos limpios	13.13	7.78%		
233	2.3.3. Pastos enmalezados	2.47	1.46%		
243	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0.42	0.25%		
244	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	24.20	14.33%		
31111	3.1.1. Bosque denso	66.32	39.27%		
3131	3.1.3. Bosque fragmentado	16.82	9.96%		
314	3.1.4. Bosque de galería y ripario	1.23	0.73%		
32111	3.2.1. Herbazal	0.02	0.01%		
3221	3.2.2. Arbustal	0.00081	0.00%		
323	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	42.66	25.26%		
333	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	1.12	0.67%		
511	5.1.1. Ríos (50 m)	0.46	0.27%		
Total		168.87	100.00 %		
<b>COBERTURA/USO DEL SUELO</b>		<b>CONDICIÓN HIDROLÓGICA</b> A	<b>SUELO TIPO</b> C	<b>Área (%)</b>	<b>PRODUCTO</b> O
			CN		

2.3.1. Pastos limpios	Buena	86	7.78%	6.69
2.3.3. Pastos enmalezados	Buena	74	1.46%	1.08
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Buena	79	0.25%	0.20
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Buena	74	14.33%	10.61
3.1.1. Bosque denso	Buena	72	39.27%	28.28
3.1.3. Bosque fragmentado	Buena	76	9.96%	7.57
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Buena	72	0.73%	0.53
3.2.1. Herbazal	Buena	74	0.01%	0.01
3.2.2. Arbustal	Buena	77	0.00%	0.00
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	Buena	73	25.26%	18.44
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	Buena	96	0.67%	0.64
5.1.1. Ríos (50 m)	Buena	98	0.27%	0.27
<b>S</b>			<b>100.00%</b>	<b>74.30</b>
			<b>CN (II) PONDERADO</b>	<b>74.30</b>

Tabla No. 35. Valores de Numero de Curva Subcuenca Alta

Fuente: Arc Map. 10.3

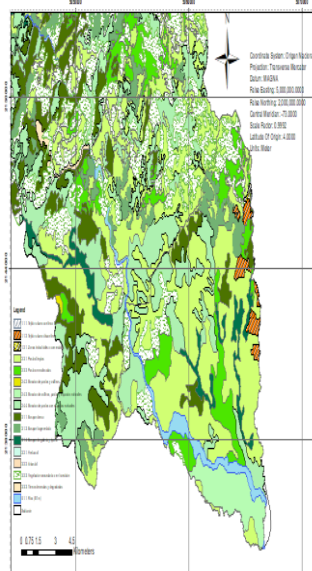
DETERMINACIÓN CN				
CUENCA	Subcuenca Media			
<b>A (Km²)</b>	145.41			
<b>Tipo de suelo</b>	B			
<b>Condición Antecedente</b>	II			
GRIDCODE	Cobertura	Área		
		km2	%	
231	2.3.1. Pastos limpios	47.686	32.79%	
233	2.3.3. Pastos enmalezados	9.940	6.84%	
242	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	0.260	0.18%	
243	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0.016	0.01%	
244	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	34.369	23.64%	
31111	3.1.1. Bosque denso	12.207	8.39%	
3131	3.1.3. Bosque fragmentado	8.016	5.51%	

314	3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.870	1.97%		
323	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	29.068	19.99%		
333	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0.005	0.00%		
511	5.1.1. Ríos (50 m)	0.970	0.67%		
Total		145.41	100.00 %		
COBERTURA/USO DEL SUELO		CONDICIÓN HIDROLÓGICA A	SUELO TIPO	área (%)	PRODUCTO
			B		
			CN		
2.3.1. Pastos limpios		Buena	86	32.79%	28.20
2.3.3. Pastos enmalezados		Buena	74	6.84%	5.06
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos		Buena	75	0.18%	0.13
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales		Buena	61	0.01%	0.01
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales		Buena	61	23.64%	14.42
3.1.1. Bosque denso		Buena	55	8.39%	4.62
3.1.3. Bosque fragmentado		Buena	65	5.51%	3.58
3.1.4. Bosque de galería y ripario		Buena	55	1.97%	1.09
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición		Buena	60	19.99%	11.99
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas		Buena	96	0.00%	0.00
5.1.1. Ríos (50 m)		Buena	98	0.67%	0.65
			S	100.00%	69.76
				CN (II) PONDERADO	69.76

Tabla No. 36. Valores de Numero de Curva Subcuenca Media

Fuente: Arc Map. 10.3

DETERMINACIÓN CN				
<b>CUENCA</b>	Subcuenca Baja			
<b>A (Km²)</b>	110.35			
<b>Tipo de suelo</b>	B			
<b>Condición Antecedente</b>	II			
GRIDCODE	Cobertura	área		
		km2	%	
111	1.1.1. Tejido urbano continuo	0.029	0.03%	
112	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	2.566	2.33%	
121	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0.178	0.16%	

231	2.3.1. Pastos limpios	45.665	41.38%		
233	2.3.3. Pastos enmalezados	13.046	11.82%		
243	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	8.421	7.63%		
244	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	14.628	13.26%		
31111	3.1.1. Bosque denso	4.469	4.05%		
3131	3.1.3. Bosque fragmentado	4.089	3.71%		
314	3.1.4. Bosque de galería y ripario	4.316	3.91%		
323	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	8.539	7.74%		
511	5.1.1. Ríos (50 m)	4.405	3.99%		
Total		110.35	100.00 %		
COBERTURA/USO DEL SUELO		CONDICIÓN HIDROLÓGICA	SUELO TIPO	área (%)	PRODUCTO
			B		
			CN		
1.1.1. Tejido urbano continuo		Buena	98	0.03%	0.03
1.1.2. Tejido urbano discontinuo		Buena	86	2.33%	2.00
1.2.1. Zonas industriales o comerciales		Buena	90	0.16%	0.14
2.3.1. Pastos limpios		Buena	86	41.38%	35.59
2.3.3. Pastos enmalezados		Buena	72	11.82%	8.51
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales		Buena	69	7.63%	5.27

2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Buena	61	13.26%	8.09
3.1.1. Bosque denso	Buena	55	4.05%	2.23
3.1.3. Bosque fragmentado	Buena	65	3.71%	2.41
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Buena	55	3.91%	2.15
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	Buena	60	7.74%	4.64
5.1.1. Ríos (50 m)	Buena	98	3.99%	3.91
<b>S</b>			<b>100.00%</b>	<b>74.96</b>
			<b>CN (II) PONDERAD O</b>	<b>74.96</b>

Tabla No. 37. Valores de Numero de Curva Subcuenca Baja

Fuente: Arc Map. 10.3

## 8 INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA

La evaluación hidro climática, para fines del presente proyecto, contempla el análisis de precipitación. Teniendo en cuenta la ubicación de la cuenca, es necesario utilizar estaciones de la zona que registren los comportamientos de estas variables. Para efectos de analizar las variables climatológicas se consideran estaciones que contemplen los siguientes criterios dentro del catálogo facilitado por el IDEAM.

- Como primera acción se localizan las estaciones operando en la zona, más próximas al ámbito de estudio, de forma que las mismas cubriesen las cuencas propias.
- La elección de las estaciones a considerar se basa en la fiabilidad y homogeneidad de datos y situación relativa de las estaciones respecto del corredor de estudio y de las cuencas vertientes.

Por ende, para este caso se adopta las estaciones relacionadas a continuación:

Cod	Nombre	Cat	FECHA_INS T	altitud	latitud	longitud
35195030	AGUAZUL [35195030]	CO	1/15/1974	380.00	5.17708333000	-72.54738889000
35190050	PAJARITO [35190050]	PM	11/15/1957	842.00	5.30294444000	-72.70194444000
35215020	AEROPUERTO YOPAL - AUT [35215020]	CO	11/17/2005	325.00	5.32044444000	-72.38750000000
35195050	CORINTO [35195050]	CO	6/15/1984	1550.00	5.40727778000	-72.71722222000
35210010	MORRO EL [35210010]	PM	11/15/1974	656.00	5.45305556000	-72.45625000000

Tabla No. 38. Estaciones Hidrométricas IDEAM

Fuente: Arc Map. 10.3

Para la identificación de la incidencia de las estaciones en la zona se utilizó la

herramienta de Thiessen Polygons - Arc Tool Box -Arcgis 10.3, la cual permite establecer relaciones matemáticas entre elementos generando zonas de influencia con unas premisas matemáticas específicas. En este caso, la relación parte de una nube de puntos sobre los que se generan una serie de polígonos. Los puntos se unen entre sí y se proyectan mediatrices entre los segmentos de unión siendo dichas mediatrices los lados de los polígonos resultantes.

Asimismo se tomaron en cuenta parámetros de las estaciones como la altura y le fecha de suspensión de los registros

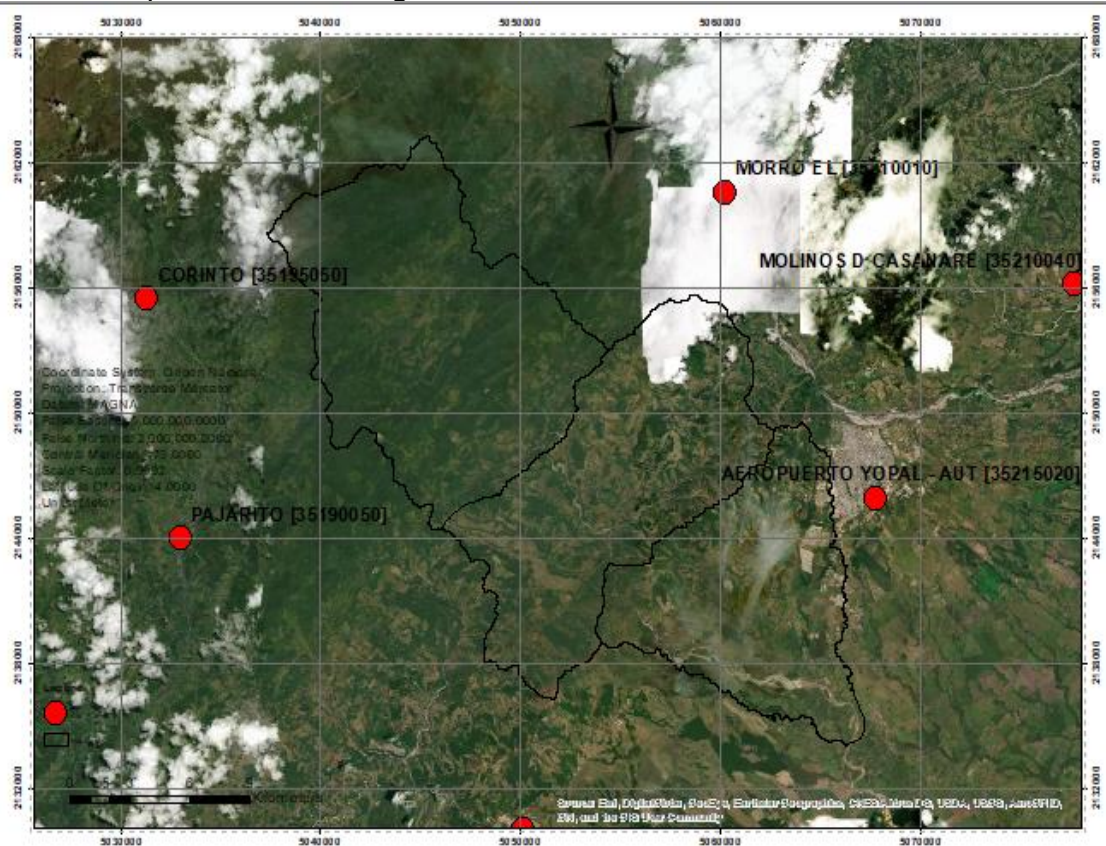


Ilustración 21 Localización de Estaciones de Incidencia en la Cuenca

Fuente: Arc Map. 10.3

Por medio de la herramienta anteriormente mencionada se identificaron las zonas de acumulación de pixeles, posteriormente se utilizó la herramienta Ras Calculador Arc Tool Box -Arcgis 10.3, la cual permite visualizar los drenajes de la zona.



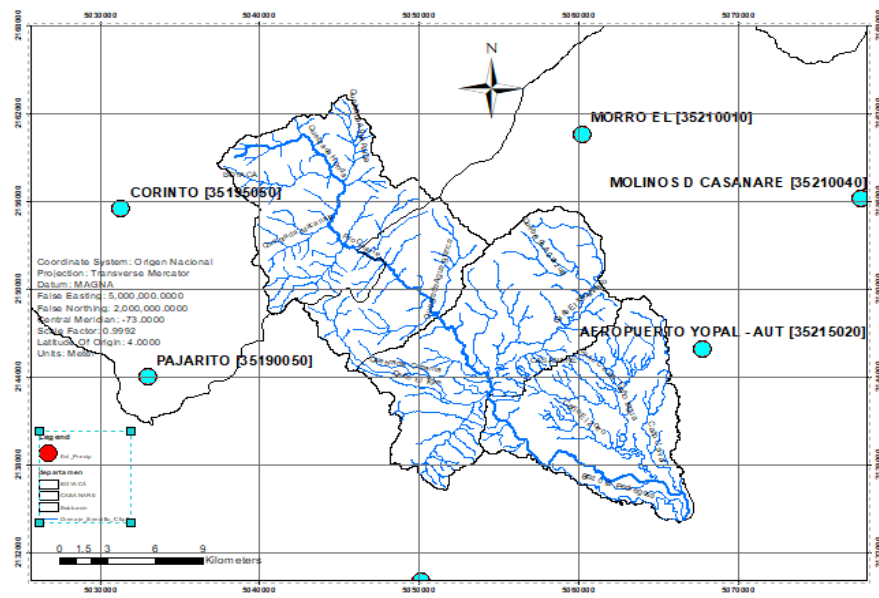


Ilustración 22 Drenajes Cuenca  
Fuente: Arc Map. 10.3

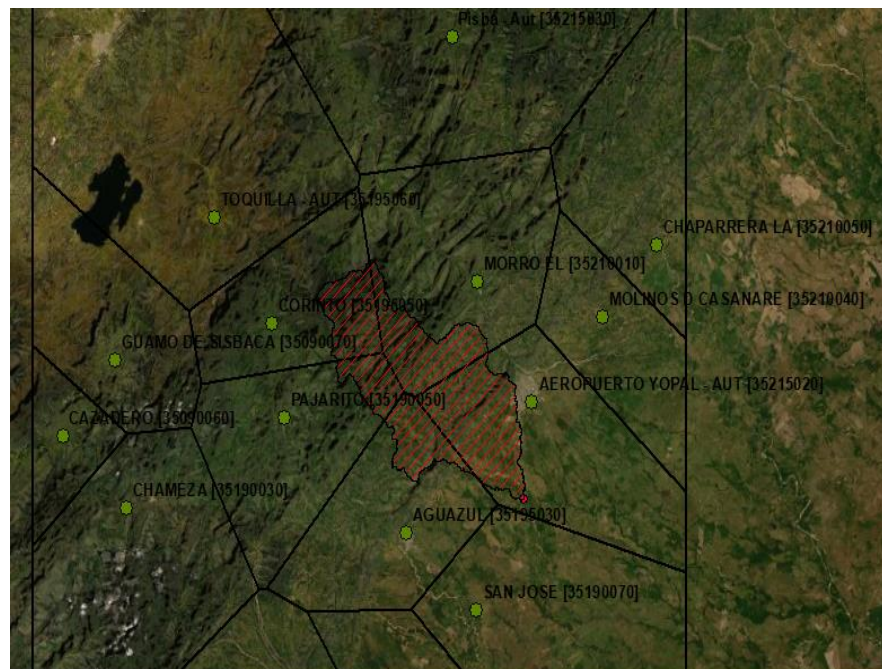


Ilustración 23 Áreas de Incidencia Estaciones (Polígonos de Thiessen)  
Fuente: Google Earth- Arc Map. 10.3

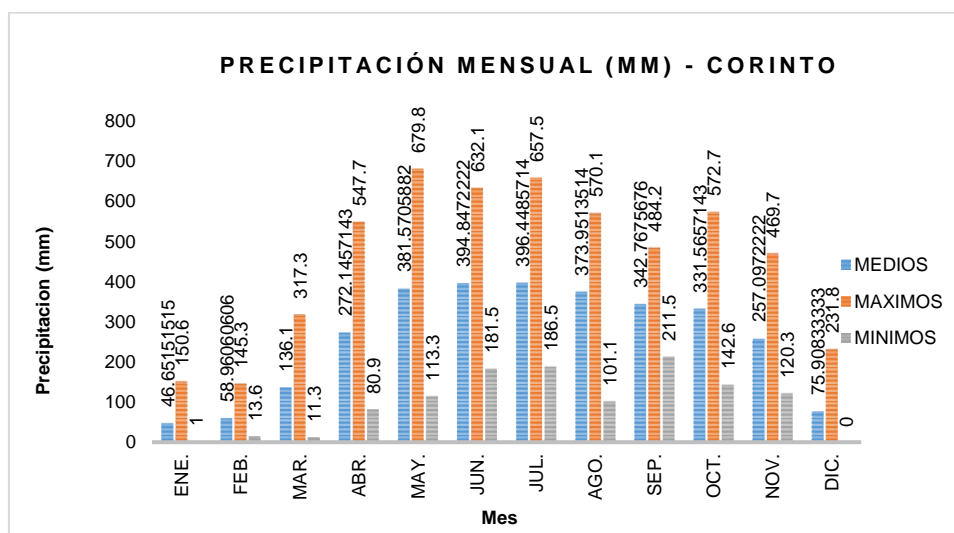


## 8.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

El área que comprende la cuenca de la corriente superficial estudiada en lo relacionado con fenómenos de precipitación se evidencia periodos considerables de lluvias a lo largo del año; sin embargo, se puede diferenciar dos temporadas de máximas de precipitaciones que abarca los meses de abril a noviembre; así mismo, un periodo de menores lluvias que van desde diciembre a marzo presentando un comportamiento de régimen monodal como se puede apreciar en las gráficas.

La estación Corinto es una estación climatológica ordinaria la cual registra valores de temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, en la gráfica no. 2 se apreciar un comportamiento unimodal, con un marcado periodo de intensas precipitaciones entre los meses de abril a noviembre, y un periodo de estiaje en los meses de diciembre a marzo. Acorde al gráfico, se evidencia que mayo, corresponde al mes que presenta la mayor intensidad de lluvia en el registro histórico, la intensidad promedio multitemporal se ubica en 255.667 mm; por su parte enero, es el mes con menor precipitación

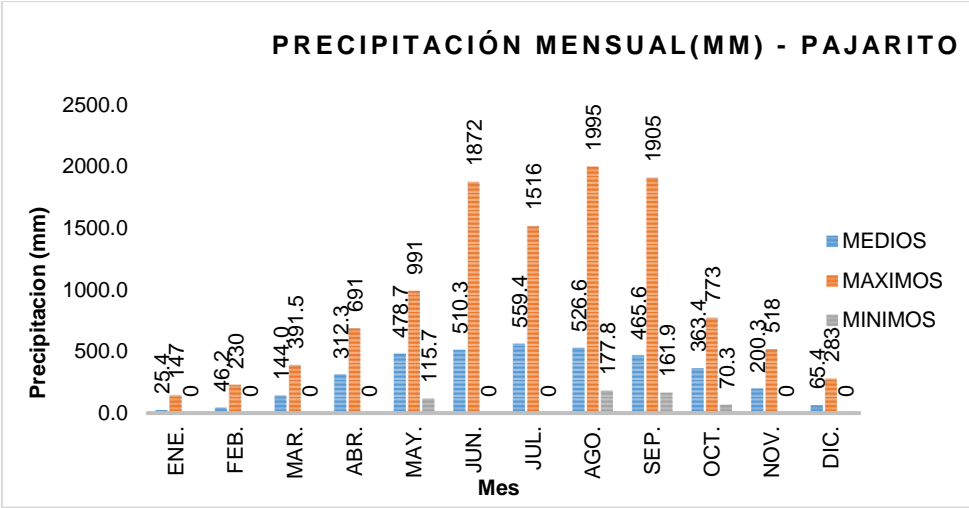
### 8.1.1 Análisis De Precipitación Media



Grafica No. 1 Precipitación Media Estación Pajarito  
Fuente: Estación Pajarito IDEAM

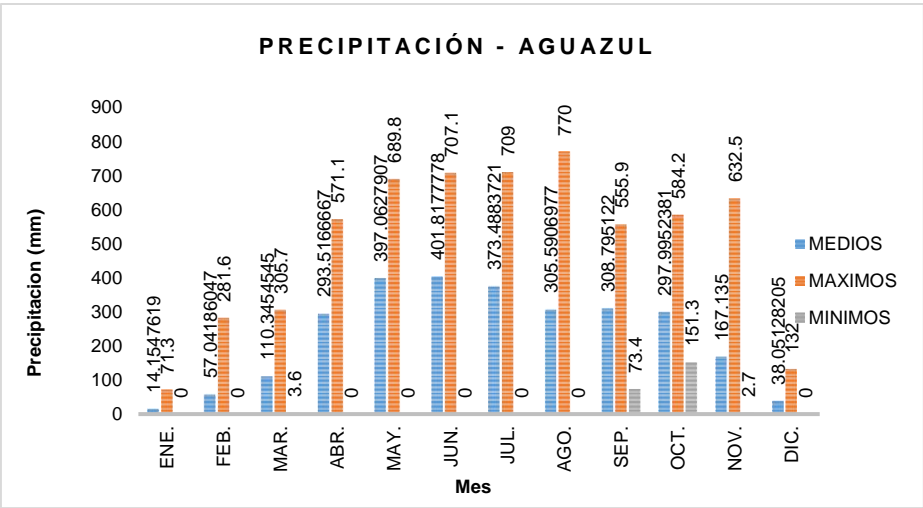
La estación Pajarito es una estación pluviométrica la cual registra valores de temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, en la gráfica no. 2 se puede apreciar un comportamiento unimodal, con un marcado periodo de intensas precipitaciones entre los meses de abril a noviembre, y un periodo de estiaje en los meses de diciembre a marzo. Acorde al gráfico, se evidencia que agosto,

corresponde al mes que presenta la mayor intensidad de lluvia en el registro histórico, la intensidad promedio multitemporal se ubica en 308,1 mm; por su parte enero, es el mes con menor precipitación



Grafica No. 2 Precipitación Media Estación Pajarito  
Fuente: Estación Pajarito IDEAM

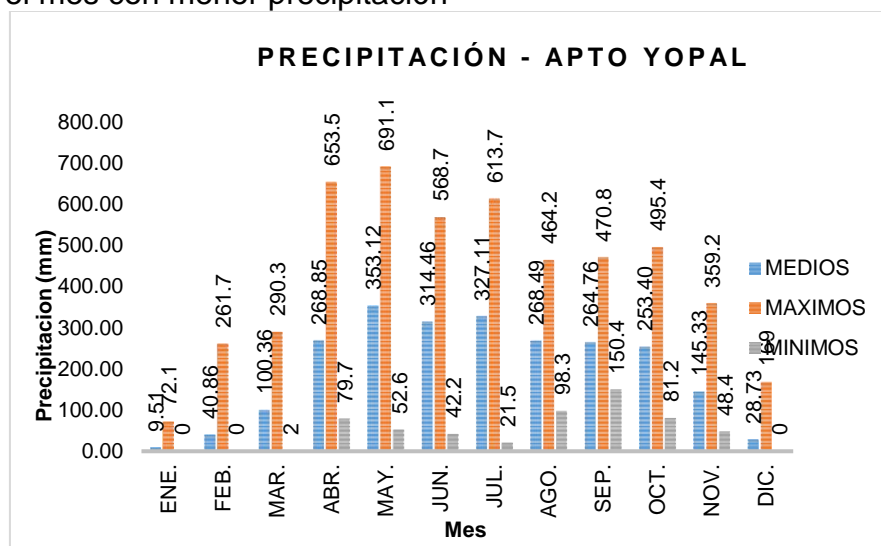
La estación Aguazul es una estación climatológica ordinaria la cual registra valores de temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, en la gráfica no. 2 se puede apreciar un comportamiento unimodal, con un marcado periodo de intensas precipitaciones entre los meses de abril a noviembre, y un periodo de estiaje en los meses de diciembre a marzo. Acorde al gráfico, se evidencia que agosto, corresponde al mes que presenta la mayor intensidad de lluvia en el registro histórico, la intensidad promedio multitemporal se ubica en 230,416 mm; por su parte enero, es el mes con menor precipitación



Grafica No. 3 Precipitación Media Estación Aguazul

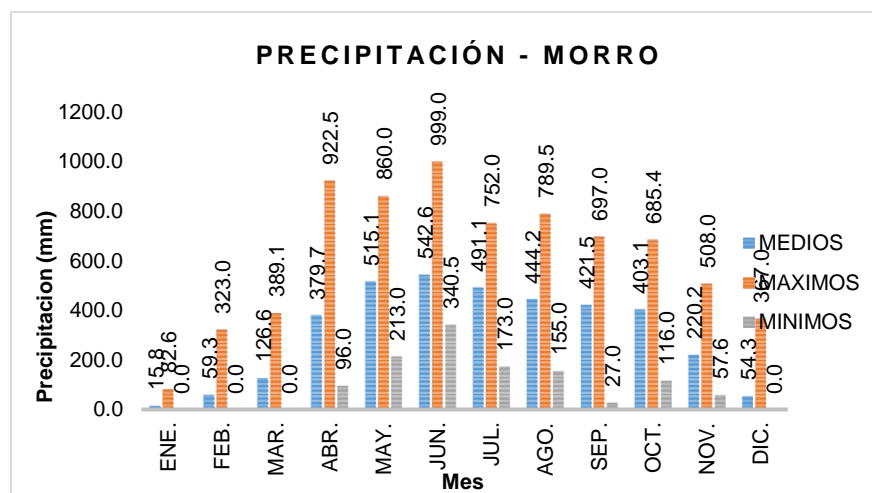
Fuente: Estación Aguazul IDEAM

La estación Apto Yopal es una estación climatológica ordinaria la cual registra valores de temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, en la gráfica no. 2 se puede apreciar un comportamiento unimodal, con un marcado periodo de intensas precipitaciones entre los meses de abril a noviembre, y un periodo de estiaje en los meses de diciembre a marzo. Acorde al gráfico, se evidencia que agosto, corresponde al mes que presenta la mayor intensidad de lluvia en el registro histórico, la intensidad promedio multitemporal se ubica en 197-92 mm; por su parte enero, es el mes con menor precipitación



Grafica No. 4 Precipitación Media Estación Apto Yopal  
Fuente: Estación Yopal IDEAM

La estación Morro es una estación pluviométrica la cual registra valores de temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, en la gráfica no. 2 se puede apreciar un comportamiento unimodal, con un marcado periodo de intensas precipitaciones entre los meses de abril a noviembre, y un periodo de estiaje en los meses de diciembre a marzo. Acorde al gráfico, se evidencia que agosto, corresponde al mes que presenta la mayor intensidad de lluvia en el registro histórico, la intensidad promedio multitemporal se ubica en 306,1 mm; por su parte enero, es el mes con menor precipitación



Grafica No. 5 Precipitación Media Estación Morro  
Fuente: Estación Morro IDEAM

## 8.2 Análisis De Los Datos De Precipitación

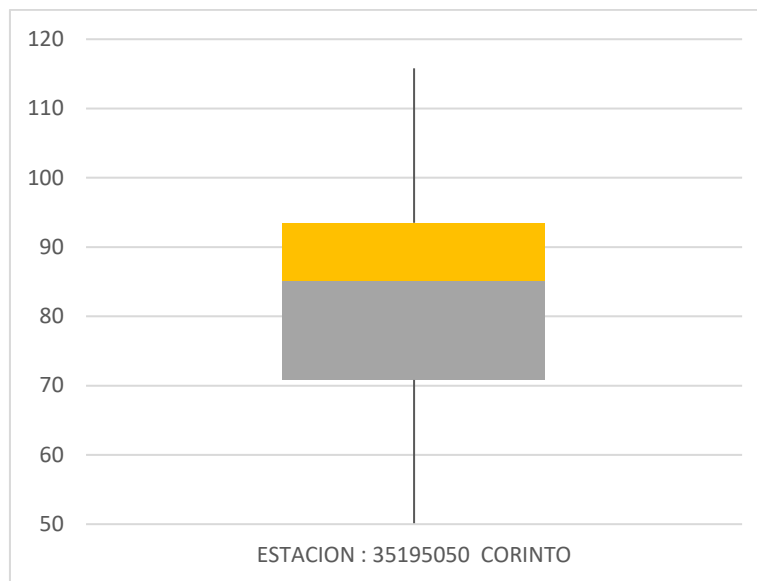
### 8.2.1 Box Plot

Para la evaluación de los registros de precipitación de las estaciones, se utilizó las herramientas de Box Plot, la cual nos permite identificar los datos que están por fuera de los limites calculados.

Paso	Función	Valores	Anchos
1	Min	44.5	44.5
	Q1	70.825	26.325
	Q2	85.15	14.325
	Q3	93.5	8.35
	Max	115.8	22.3
2	Rango intercuartílico	22.675	
3	Límite inferior	36.8125	OK
	Limite Superior	127.5125	OK

Tabla No. 39. Condiciones Box Plot

Los datos se encuentran sobre los limites calculados

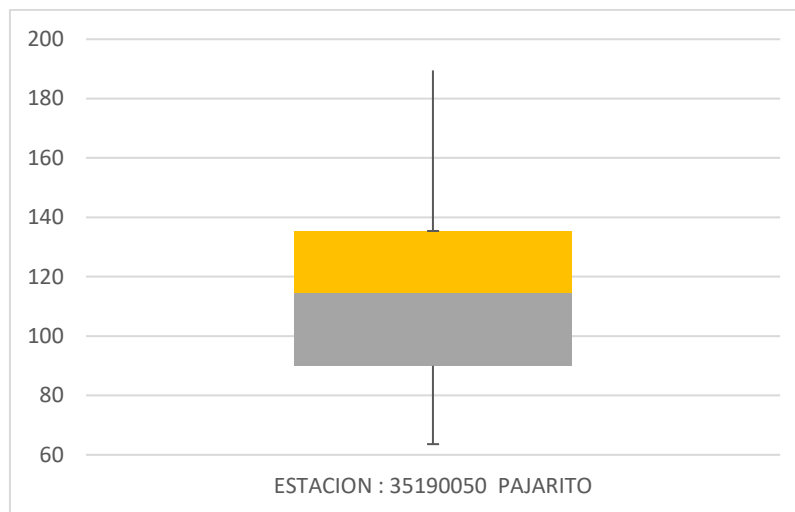


Grafica No. 6 Box Plot Estación Corinto

Paso	Función	Valores	Anchos
1	Min	63.6	63.6
	Q1	90	26.4
	Q2	114.5	24.5
	Q3	135.4	20.9
	Max	189.5	54.1
2	Rango intercuartílico	45.4	
3	Límite inferior	21.9	OK
	Limite Superior	203.5	OK

Tabla No. 40. Condiciones Box Plot

Los datos se encuentran sobre los limites calculados



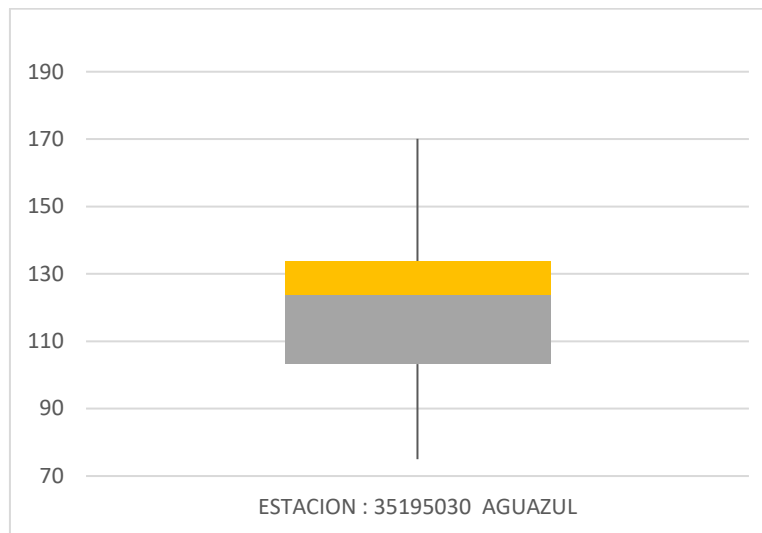
Grafica No. 7 Box Plot Estación Pajarito

Los datos se encuentran sobre los limites calculados

Paso	Función	Valores	Anchos
1	Min	75.0	75
	Q1	103.225	28.2
	Q2	123.95	20.7
	Q3	133.825	9.9
	Max	170.1	36.3
2	Rango intercuartílico	30.6	
3	Límite inferior	57.325	OK
	Limite Superior	179.725	OK

Tabla No. 41. Condiciones Box Plot

Los datos se encuentran sobre los limites calculados



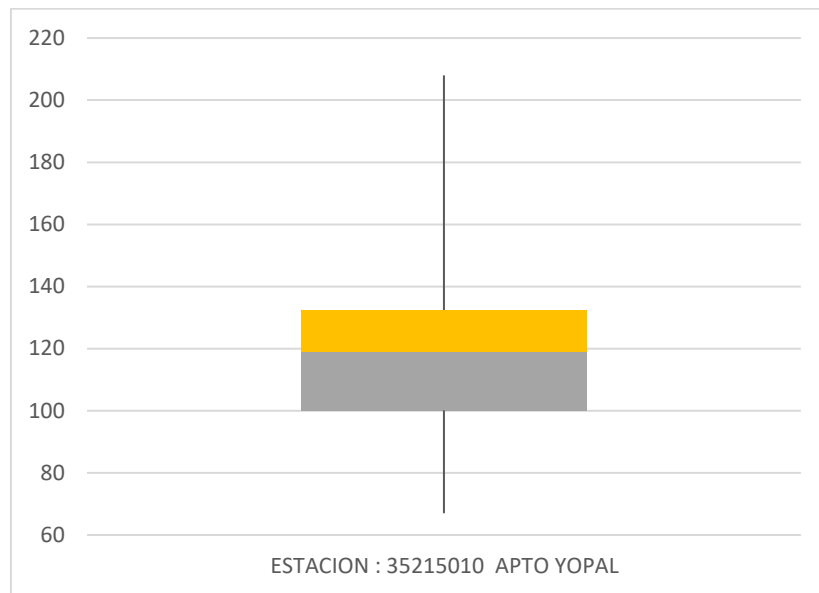
Grafica No. 8 Box Plot Estación Aguazul

Los datos se encuentran sobre los limites calculados

Paso	Función	Valores	Anchos
1	Min	67.0	67
	Q1	100.125	33.1
	Q2	118.95	18.8
	Q3	132.425	13.5
	Max	170.2	37.8
2	Rango intercuartílico	32.3	
3	Límite inferior	51.675	OK
	Limite Superior	180.875	OK

Tabla No. 42. Condiciones Box Plot

Los datos se encuentran sobre los limites calculados



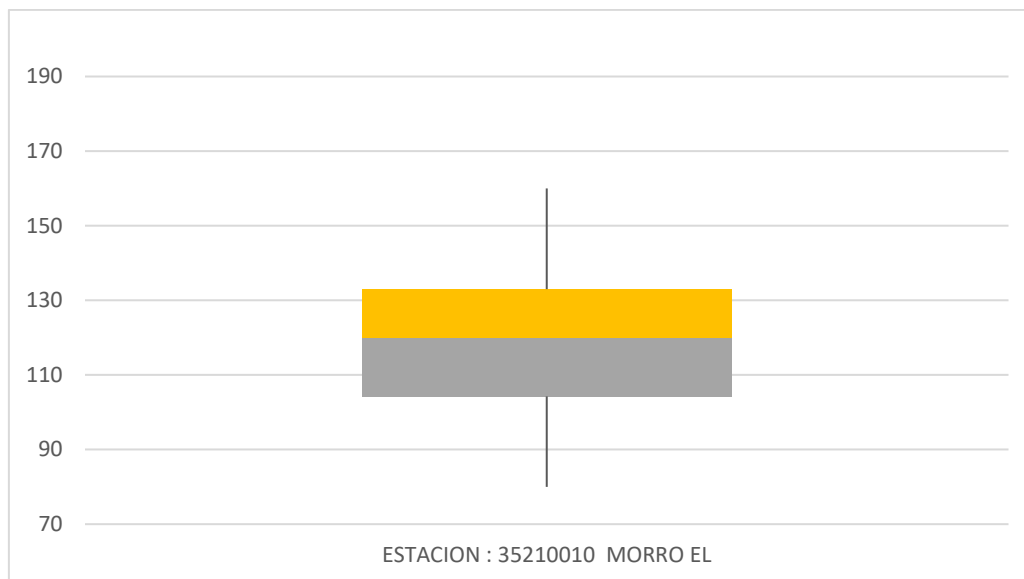
Grafica No. 9 Box Plot Estación Yopal

Los datos se encuentran sobre los limites calculados

Paso	Función	Valores	Anchos
1	Min	80.0	80
	Q1	104.25	24.3
	Q2	120	15.8
	Q3	133	13.0
	Max	160.0	27.0
2	Rango intercuartílico	28.75	
3	Limite inferior	61.125	OK
	Limite Superior	176.125	OK

Tabla No. 43. Condiciones Box Plot





Grafica No. 10 Box Plot Estación Morro

### 8.2.2 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Los Análisis de precipitación máxima tienen por objeto la evaluación de eventos extremos que, para un determinado periodo de retorno, permitan mediante la aplicación de modelos estimar caudales de diseño. El análisis de precipitaciones máximas contempla en primera instancia la filtración de la información de acuerdo a un intervalo de confianza con fundamento en el análisis de desviación estándar de los mismos. De este filtro se tiene los valores expuestos

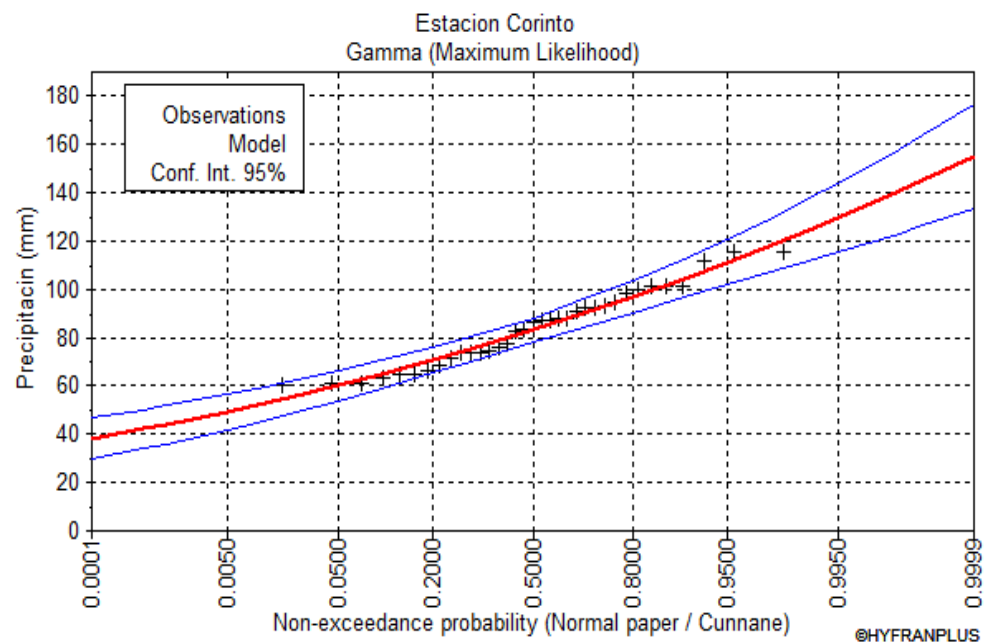
Para la identificación de ajuste de distribución de los datos se utilizó la herramienta Hyfran, esta nos permite evaluar estadísticamente el ajuste de bondad los datos por medio de los test de Shi cuadrado y Kolmogórov-Smirnov,

Tr (Años)	$P(X \leq x_i)$	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	127.9	7.31	113.5 - 142.2
50	0.98	121.8	6.48	109.1 - 134.5
25	0.96	115.2	5.64	104.1 - 126.3
20	0.95	113	5.37	102.4 - 123.5
10	0.9	105.5	4.52	96.65 - 114.4
5	0.8	96.92	3.68	89.70 - 104.1
3	0.6667	89.48	3.14	83.32 - 95.64
2	0.5	81.8	2.83	76.26 - 87.34

Tabla No. 44. Análisis de Frecuencias Estación Corinto

Fuente: Hyfran

La distribución que mejor se ajusta a los datos, para la estación corinto corresponde a Gamma

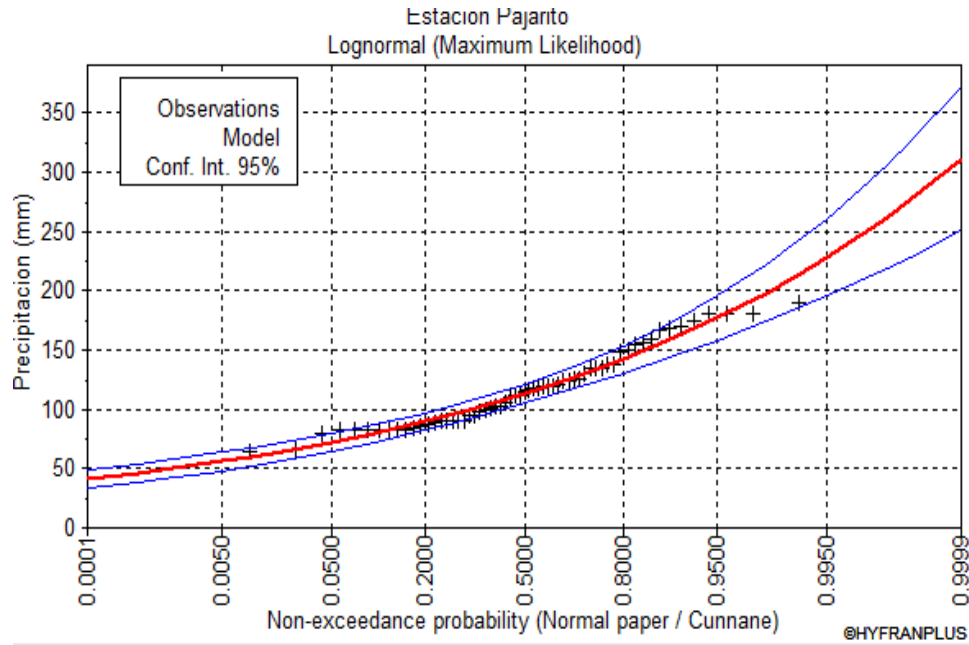


Grafica No. 11 Grafica Distribución de los datos (Gamma) Estación Corinto  
Fuente: Hyfran

Tr (Años)	$P(X \leq X_i)$	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	213	14.40	184.8 - 241.2
50	0.98	197.8	12.24	173.8 - 221.8
25	0.96	182.1	10.17	162.1 - 202.0
20	0.95	176.9	9.52	158.2 - 195.5
10	0.9	160.2	7.58	145.3 - 175.0
5	0.8	142.1	5.78	130.7 - 153.4
3	0.6667	127	4.64	117.9 - 136.1
2	0.5	112.9	3.94	105.2 - 120.7

Tabla No. 45. Análisis de Frecuencias Estación Pajarito  
Fuente: Hyfran Plus 1.2

La distribución que mejor se ajusta a los datos, para la estación pajarito corresponde a Log Normal

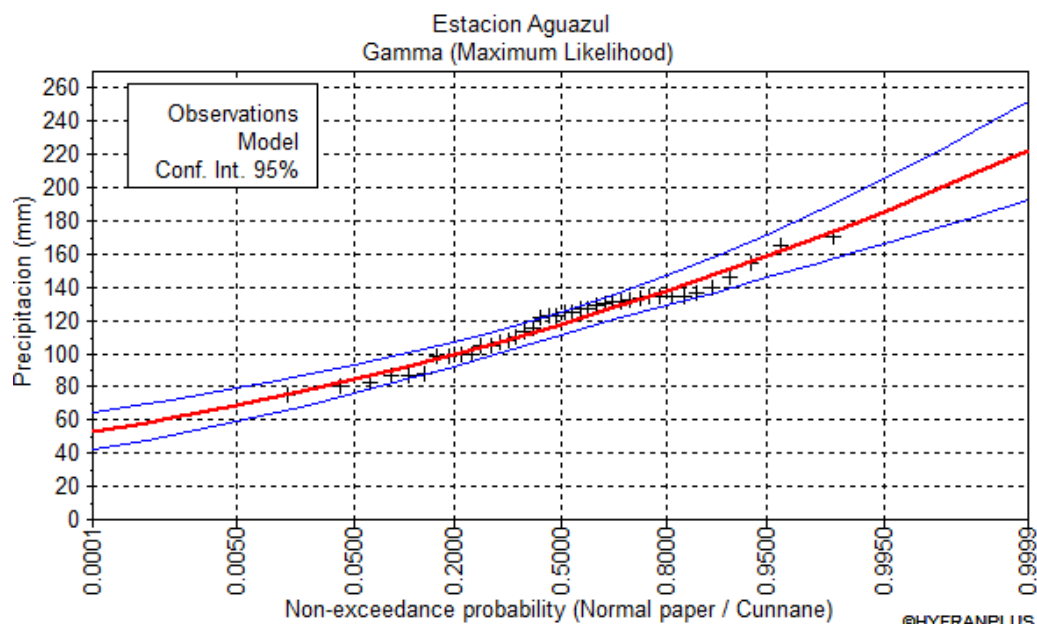


Grafica No. 12 Grafica Distribución de los datos (Log Normal) Estación Pajarito  
Fuente: Hyfran Plus 1.2

Tr (Años)	$P(X \leq X_i)$	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	178.3	9.02	160.6 - 196.0
50	0.98	170.4	8.02	154.6 - 186.1
25	0.96	161.8	7.00	148.1 - 175.5
20	0.95	158.9	6.66	145.8 - 171.9
10	0.9	149.1	5.62	138.1 - 160.1
5	0.8	137.8	4.60	128.8 - 146.8
3	0.6667	128	3.94	120.3 - 135.7
2	0.5	117.8	3.56	110.8 - 124.8

Tabla No. 46. Análisis de Frecuencia Estación Aguazul  
Fuente: Hyfran Plus 1.2

La distribución que mejor se ajusta a los datos, para la estación Aguazul corresponde a Gamma



Grafica No. 13 Grafica Distribución de los datos (Gamma) Estación Aguazul

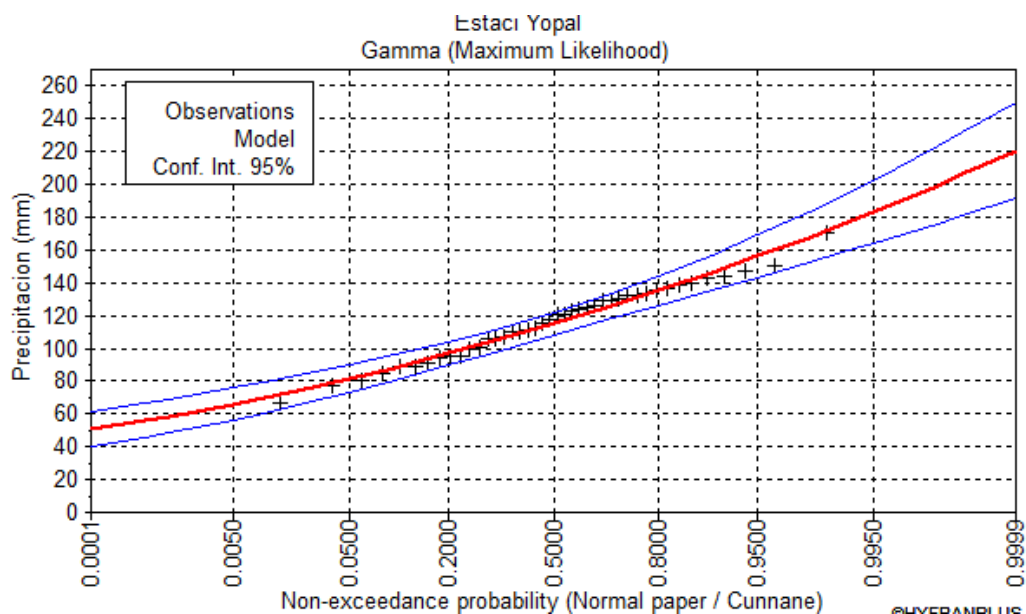
Fuente: Hyfran Plus 1.2

Tr (Años)	$P(X \leq X_i)$	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	175.8	8.88	158.4 - 193.2
50	0.98	167.8	7.89	152.3 - 183.2
25	0.96	159.1	6.88	145.7 - 172.6
20	0.95	156.2	6.55	143.4 - 169.0
10	0.9	146.4	5.52	135.5 - 157.2
5	0.8	135	4.51	126.2 - 143.9
3	0.6667	125.1	3.86	117.6 - 132.7
2	0.5	114.9	3.48	108.1 - 121.8

Tabla No. 47. Análisis de Frecuencias Estación Apto Yopal

Fuente: Hyfran Plus 1.2

La distribución que mejor se ajusta a los datos, para la estación Apto Yopal corresponde a Gamma



Grafica No. 14 Grafica Distribución de los datos (Gamma) Estación Apto Yopal

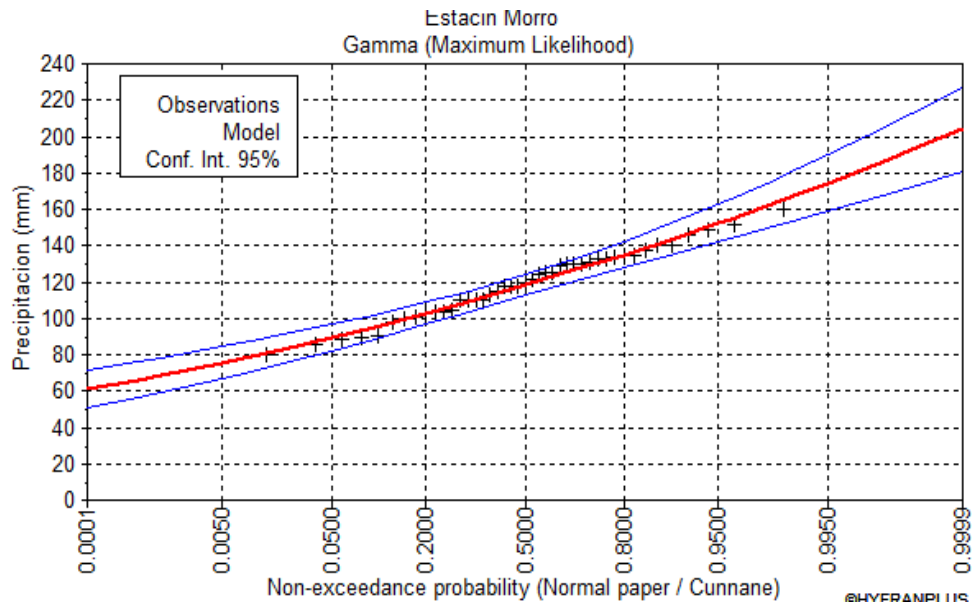
Fuente: Hyfran Plus 1.2

Tr (Años)	$P(X \leq X_i)$	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	168.3	7.07	154.4 - 182.2
50	0.98	161.8	6.31	149.4 - 174.2
25	0.96	154.8	5.53	144.0 - 165.7
20	0.95	152.4	5.28	142.1 - 162.8
10	0.9	144.4	4.48	135.6 - 153.1
5	0.8	135	3.70	127.7 - 142.2
3	0.6667	126.8	3.19	120.5 - 133.0
2	0.5	118.2	2.91	112.5 - 123.9

Tabla No. 48. Análisis de Frecuencias Estación Apto Morro

Fuente: Hyfran Plus 1.2

La distribución que mejor se ajusta a los datos, para la estación Morro corresponde a Gamma



Grafica No. 15 Grafica Distribución de los datos (Gamma) Estación Apto Morro  
Fuente: Hyfran Plus 1.2

### 8.2.2 Tiempo De Concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que toma el agua superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés

En la literatura existen múltiples expresiones para el cálculo del tiempo de concentración propuestas por diferentes autores: Temez, William, Kirpich, California Couverts Practice, Giandotti, S.C.S, Ventura -Heron, Brausby-William, Passini, Izzard (1946), Federal Aviation Administration (1970), Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973), etc

Debido a las diferentes formas como fueron concebidas estas expresiones, la variabilidad de los resultados entre una y otra puede ser bastante alta, razón por la cual el criterio para escoger el tiempo estará dado por el análisis grafico de los resultados con las expresiones, seleccionando los resultados más similares

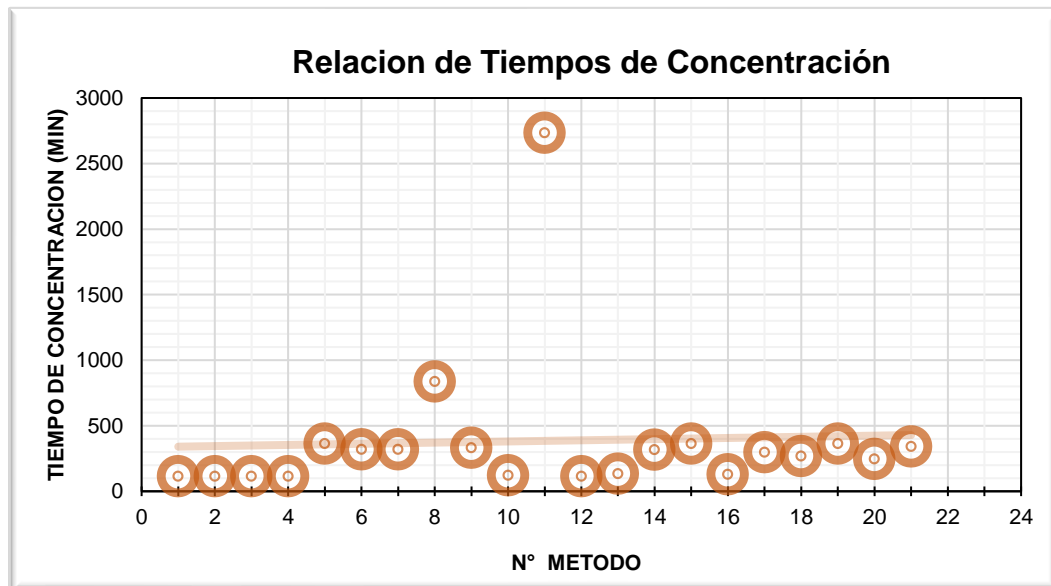
Con la información cartográfica disponible y proveniente del Modelo de Elevación Digital MED, y con el conocimiento de las características de la cuenca se procede a calcular el tiempo de concentración para la cuenca

Con la información cartográfica disponible y proveniente del Modelo de Elevación Digital MED, y con el conocimiento de las características de la cuenca se procede a calcular el tiempo de concentración para la cuenca alta, media y baja

DATOS		CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN				ESTADÍSTICAS DE LOS RESULTADOS			
Variable	Valor	Número	Tc (Método)	Resultado	Tc (min)	EV Tc (min)	Ag Tc (min)	Parámetro	Valor
A (Km²)	168.87	1	KIRPICH (1942) (min)	115.16	115.16	115.16	115.16	Máximo	365.18
L (pies)	81342.67	2	KIRPICH (I) (min)	114.71	114.71	114.71	114.71	Promedio	237.06
L (millas)	15.33	3	KIRPICH (1890) (horas)	1.91	114.62	114.62	114.62	Mínimo	114.27
L (m)	24671.23	4	KIRPICH (II) (horas)	1.91	114.79	114.79	114.79	Mediana	267.93
L (Km)	24.67	5	CALIFORNIA (1942)	365.07	365.07	365.07	365.07	Desv.Estandar	106.52
S = J (adim)	0.0981	6	PILGRIM	320.21	320.21	320.21	320.21	Coef. Variacion	0.4493
S (%)	9.81	7	TEMEZ (1978)	5.33	319.85	319.85	319.85		
Z = H (m)	120.00	8	CLARK	13.96	837.79			Muestra	19.00
H (pies) California	393.70	9	PASSINI (I)	5.55	332.95	332.95	332.95	Intervalo de confianza	47.90
		10	PASSINI (II)	2.06	123.31	123.31	123.31	Límite Inferior	220.03
		11	CALIFORNIA CULVERT PRACTICE (1942)	45.58	2735.01			Límite Superior	315.82
		12	FÓRMULA CALIFORNIANA DEL U.S.B.R.	1.90	114.27	114.27	114.27		
		13	GIANDOTTI	2.26	135.67	135.67	135.67	Promedio TC (min)	237.06
		14	VENTURA-HERAS	5.30	318.00	318.00	318.00	Promedio TC (hr)	3.95
		15	FÓRMULA CALIFORNIA (1946)	365.18	365.18	365.18	365.18	Tlag (min)	142.24
		16	VENTURA-HERAS	2.16	129.87	129.87	129.87	Tlag (hr)	2.37
		17	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO EEUU	4.98	298.52	298.52	298.52	Duración de lluvia (min)	300.00
		18	VENTE CHOW	4.47	267.93	267.93	267.93	Duración de lluvia (hr)	5.00
		19	SCS-Ransler	6.08	364.75	364.75	364.75	Discretización de lluvia (min)	41.00
		20	JOHNSTONE Y CROSS	4.10	246.22	246.22	246.22		
		21	BRANSBY-WILLIAMS	343.14	343.14	343.14	343.14		

Tabla No. 49. Tiempo de Concentración Subcuenca Alta

Fuente: Hyfran Plus 1.2



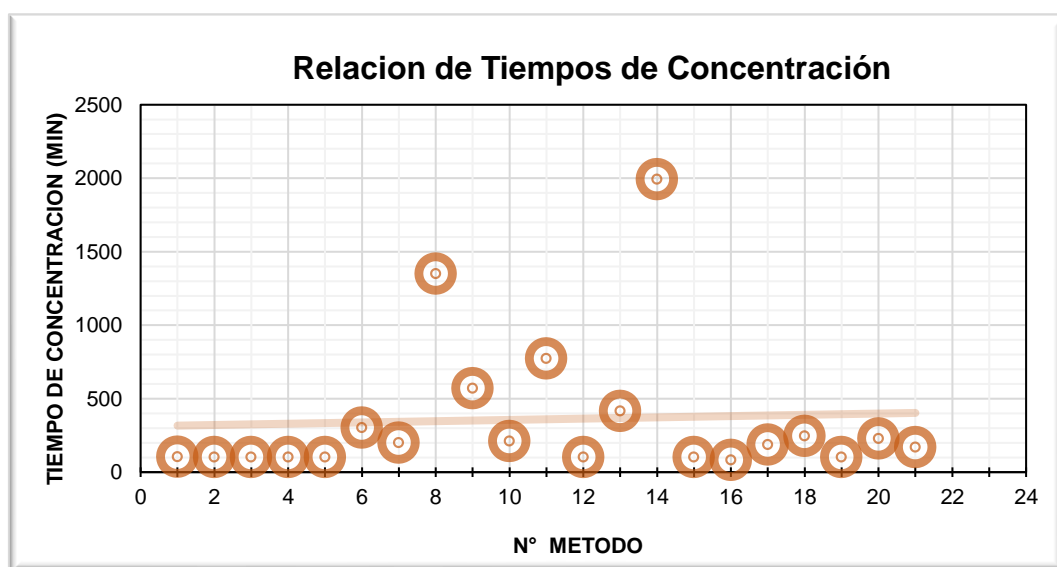
Grafica No. 16 Relación de Tiempos de Concentración Subcuenca Alta

Fuente: Hyfran Plus 1.2

Para la cuenca alta se seleccionaron las expresiones de la tabla No. 49 con tiempo de concentración promedio de 237.06 min, un Tlag de 142.234 minutos y una duración de la lluvia de 300 min

DATOS		CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN					ESTADÍSTICAS DE LOS RESULTADOS		
Variable	Valor	Número	Tc (Método)	Resultado	Tc (min)	EV, Tc (min)	Ac, Tc (min)	Parámetro	Valor
A (Km²)	145.41	1	KIRPICH (1942) (min)	103.46	103.46	103.46	103.46	Máximo	302.52
L (pies)	27237.82	2	KIRPICH (I) (min)	103.05	103.05	103.05	103.05	Promedio	153.34
L (millas)	5.13	3	KIRPICH (1930) (horas)	1.72	102.97	102.97	102.97	Mínimo	81.78
L (m)	8261.23	4	KIRPICH (II) (horas)	1.72	103.13	103.13	103.13	Mediana	103.33
L (Km)	8.26	5	CALIFORNIA (1942)	103.18	103.18	103.18	103.18	Desv. Estandar	67.75
S = J (adim)	0.0145	6	PILGRIM	302.52	302.52	302.52	302.52	Coef. Variación	0.4418
S (%)	1.45	7	TÉMEZ (1978)	3.34	200.18	200.18	200.18		
Z = H (m)	120.00	8	CLARK	22.51	1350.63			Muestra	16.00
H (pies) California	393.70	9	PASSINI (I)	9.53	571.55			Intervalo de confianza	33.20
		10	PASSINI (II)	3.53	211.68	211.68	211.68	Límite Inferior	70.14
		11	CALIFORNIA CULVERT PRACTICE (1942)	12.88	772.98			Límite Superior	136.53
		12	FÓRMULA CALIFORNIANA DEL U.S.B.R.	1.71	102.66	102.66	102.66		
		13	GIANDOTTI	6.32	415.05			Promedio TC (min)	153.34
		14	VENTURA-HERAS	33.21	1992.36			Promedio TC (hr)	2.56
		15	FÓRMULA CALIFORNIA (1946)	103.21	103.21	103.21	103.21	Tlag (min)	92.00
		16	VENTURA-HERAS	1.36	81.78	81.78	81.78	Tlag (hr)	1.53
		17	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO EEUU	3.11	186.83	186.83	186.83	Duración de lluvia (min)	160.00
		18	VENTE CHOW	4.08	245.10	245.10	245.10	Duración de lluvia (hr)	2.67
		19	SCS-Ranser	1.72	103.09	103.09	103.09	Discretización de lluvia (min)	21.00
		20	JOHNSTONE Y CROSS	3.83	229.67	229.67	229.67		
		21	BRANSBY-WILLIAMS	170.83	170.83	170.83	170.83		

Tabla No. 50. Tiempo de Concentración Subcuenca Media  
Fuente: Hyfran Plus 1.2



Grafica No. 17 Relación de Tiempos de Concentración Subcuenca Media  
Fuente: Hyfran Plus 1.2

Para la cuenca media se seleccionaron las expresiones de la tabla No. 50 con

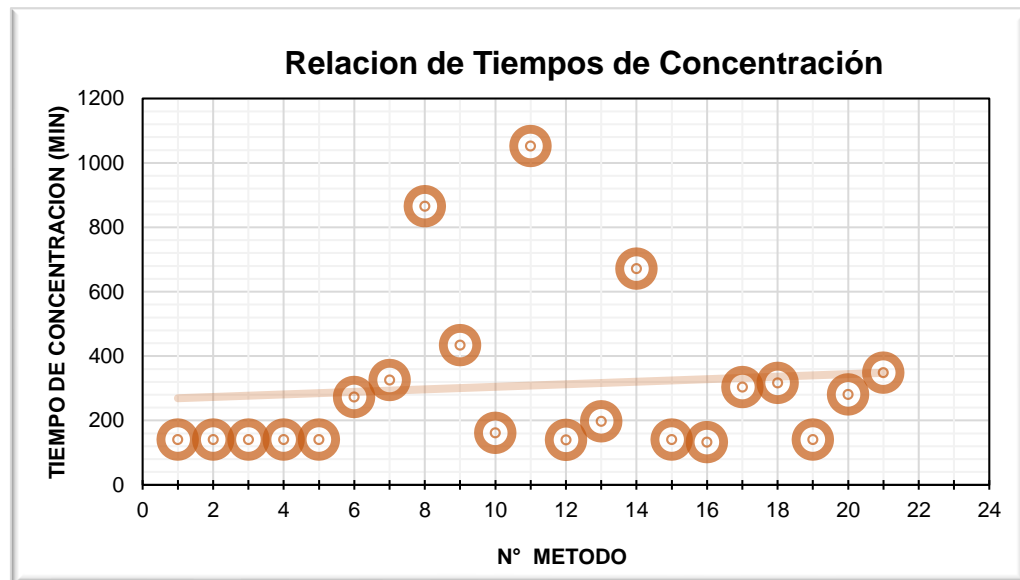


tiempo de concentración promedio de 153.34 min, un Tlag de 92 minutos y una duración de la lluvia de 160 min

DATOS		CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN				ESTADÍSTICAS DE LOS RESULTADOS			
Variable	Valor	Número	Tc (Método)	Resultado	Tc (min)	EV Tc (min)	Ac Tc (min)	Parámetro	Valor
A (Km²)	110.35	1	KIRPICH (1942) (min)	140.77	140.77	140.77	140.77	Máximo	280.53
L (pies)	65360.62	2	KIRPICH (I) (min)	140.23	140.23	140.23	140.23	Promedio	157.71
L (millas)	12.32	3	KIRPICH (1990) (horas)	2.34	140.11	140.11	140.11	Mínimo	131.93
L (m)	19823.88	4	KIRPICH (II) (horas)	2.34	140.33	140.33	140.33	Mediana	140.36
L (Km)	19.82	5	CALIFORNIA (1942)	140.39	140.39	140.39	140.39	Desv.Estándar	42.37
S = J (vdim)	0.0376	6	PILGRIM	272.41	272.41			Coef. Variación	0.2686
S (%)	3.76	7	TÉMEZ (1978)	5.42	325.01				
Z = H (m)	745.00	8	CLARK	14.42	865.14			Muestra	12.00
H (pies) California	2444.23	9	PASSINI (I)	7.23	433.92			Intervalo de confianzas	23.97
		10	PASSINI (II)	2.68	160.71	160.71	160.71	Límite Inferior	116.39
		11	CALIFORNIA CULVERT PRACTICE (1942)	17.53	1051.81			Límite Superior	164.33
		12	FÓRMULA CALIFORNIANA DEL U.S.B.R.	2.33	139.69	139.69	139.69		
		13	GIANDOTTI	3.29	197.15	197.15	197.15	Promedio TC (min)	157.71
		14	VENTURA-HERAS	11.18	670.86			Promedio TC (hr)	2.63
		15	FÓRMULA CALIFORNIA (1946)	140.44	140.44	140.44	140.44	Tlag (min)	94.63
		16	VENTURA-HERAS	2.20	131.93	131.93	131.93	Tlag (hr)	1.58
		17	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO EEUU	5.06	303.34			Duración de lluvia (min)	160.00
		18	VENTE CHOW	5.28	316.61			Duración de lluvia (hr)	2.67
		19	SCS-Ransier	2.34	140.27	140.27	140.27	Discretización de lluvia (min)	27.00
		20	JOHNSTONE Y CROSS	4.68	280.53	280.53	280.53		
		21	BRANSBY-WILLIAMS	348.55	348.55				

Tabla No. 51. Tiempo de Concentración Subcuenca Baja

Fuente: Hyfran Plus 1.2



Grafica No. 18 Relación de Tiempos de Concentración Subcuenca Baja

Fuente: Hyfran Plus 1.2

Para la cuenca baja se seleccionaron las expresiones de la tabla No. 49 con tiempo

de concentración promedio de 157.71 min, un Tlag de 94.63 minutos y una duración de la lluvia de 160 min

#### 8.2.4 HIETOGRAMAS DE LA CUENCA

La obtención de hietogramas de precipitación se realiza mediante dos enfoques metodológicos que a saber son: tormentas sintéticas tipo SCS para tiempos de concentración superiores a 180 minutos y método de bloque alterno para tiempos de concentración iguales o menores a dicha valor. Otro método aplicable de acuerdo a la magnitud de las áreas estudiadas, es el del Método Racional. La aplicación de metodologías tales como bloque alterno o Método Racional, requieren de contar con relaciones I – D – F, las cuales se elaboraron a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas empleando el Método Simplificado<sup>1</sup> que se relaciona en el Manual de Drenaje de Carreteras 2009.

Las relaciones I-D-F presentadas obedecen a la siguiente expresión:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

- $i$  : Intensidad de precipitación, en milímetros hora (mm/h).  
 $T$  : Periodo de retorno, en años.  
 $M$  : Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual.  
 $a, b, c, d$  : Parámetros de ajuste de regresión para la región Orinoquia R4.

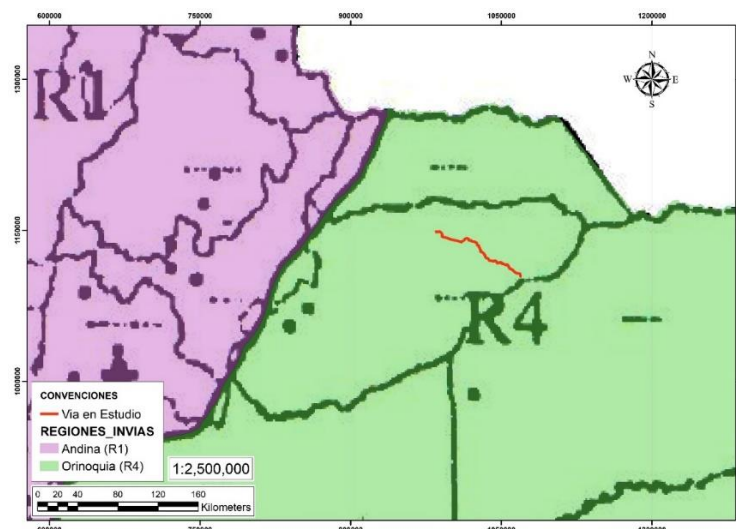


Ilustración 24 Identificación Región Metodología IDF INVIAS

<sup>1</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS., MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS., Numeral 2.6.6.3

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INVIAS

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacifico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
<b>Orinoquia (R4)</b>	<b>5.53</b>	<b>0.17</b>	<b>0.63</b>	<b>0.42</b>

Tabla No. 52. Valores de coeficientes a, b, c y d para cálculo de curvas IDF

Fuente: Manual de drenaje para carreteras INVIAS

La grafica siguiente presenta las curvas I-D-F evaluadas para la todas las estaciones y el valor de las intensidades en mm/ hora para diferentes periodos de retorno como se muestran

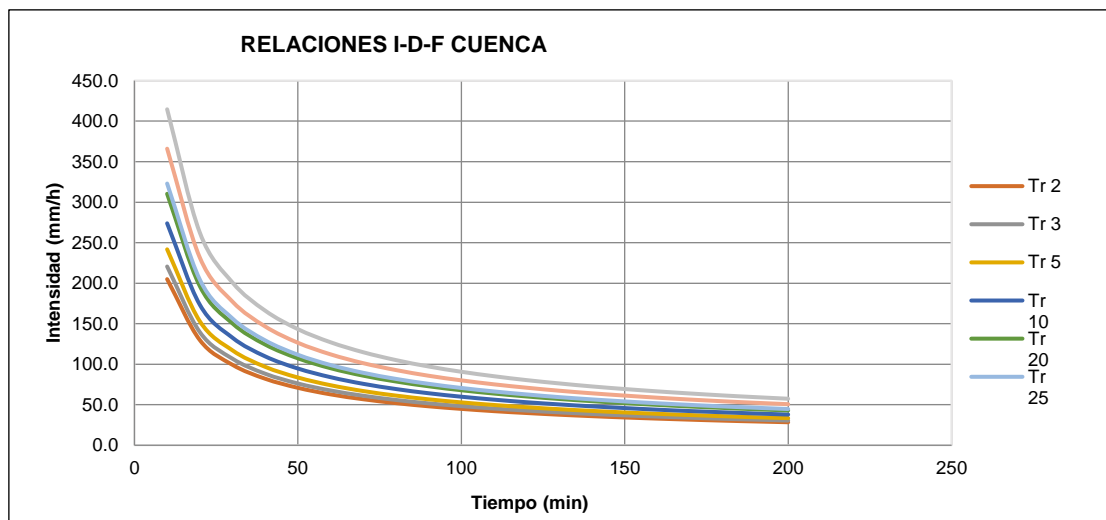
#### CURVAS I-D-F

##### INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN (mm/hora)

TIEMPO (min)	2	3	5	10	20	25	50	100
10	205.0	220.6	241.8	273.9	310.3	323.0	366.0	414.6
20	129.8	139.6	153.0	173.4	196.4	204.4	231.6	262.4
30	99.3	106.8	117.1	132.7	150.3	156.4	177.2	200.8
40	82.1	88.3	96.8	109.7	124.3	129.4	146.6	166.1
50	70.9	76.2	83.6	94.7	107.3	111.7	126.5	143.3
60	62.8	67.6	74.1	84.0	95.1	99.0	112.2	127.1
70	56.8	61.1	66.9	75.8	85.9	89.4	101.3	114.8
80	52.0	55.9	61.3	69.4	78.7	81.9	92.8	105.1
90	48.1	51.7	56.7	64.2	72.8	75.8	85.8	97.2
100	44.9	48.3	52.9	59.9	67.9	70.7	80.1	90.7
110	42.1	45.3	49.7	56.3	63.8	66.4	75.2	85.2
120	39.8	42.8	46.9	53.1	60.2	62.7	71.0	80.4
130	37.7	40.6	44.5	50.4	57.1	59.4	67.3	76.3
140	35.9	38.6	42.4	48.0	54.4	56.6	64.1	72.6
150	34.3	36.9	40.5	45.9	52.0	54.1	61.3	69.4
160	32.9	35.4	38.8	43.9	49.8	51.8	58.7	66.5
170	31.6	34.0	37.3	42.2	47.8	49.8	56.4	63.9
180	30.4	32.7	35.9	40.7	46.1	47.9	54.3	61.5
190	29.4	31.6	34.6	39.2	44.4	46.3	52.4	59.4
200	28.4	30.5	33.5	37.9	43.0	44.7	50.7	57.4

Tabla No. 53. Información Curvas IDF Cuenca

Fuente: Datos Estación IDEAM



Grafica No. 19 Curvas IDF Cuenca  
Fuente: Datos Estaciones IDEAM

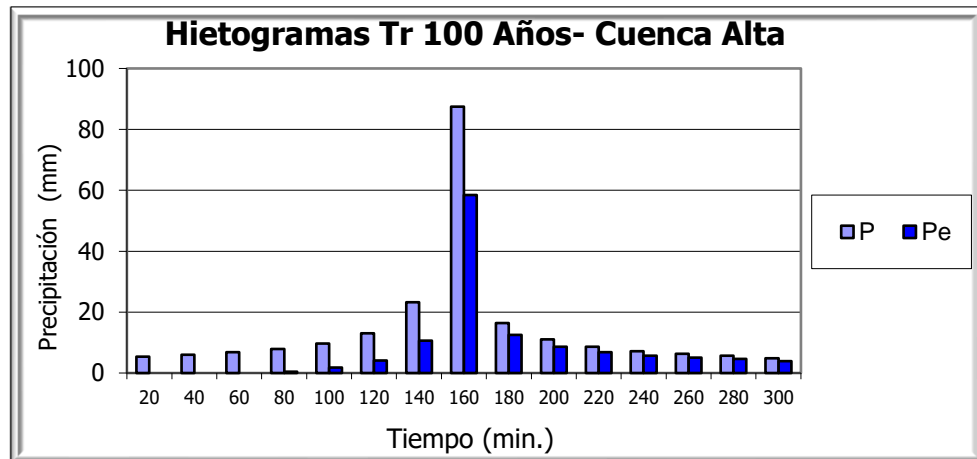
## 9 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Un modelo hidrológico es una representación simplificada de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. De manera matemática, el sistema real está representado por una expresión analítica.

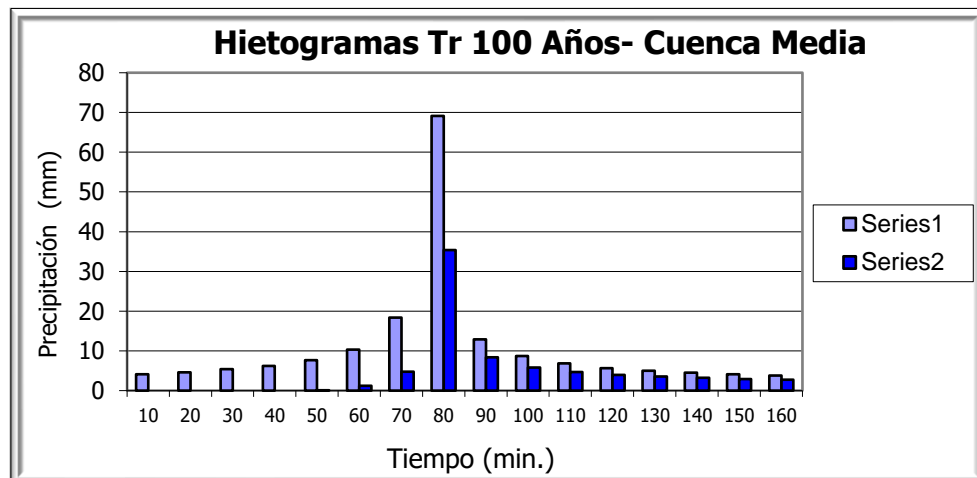
En un modelo hidrológico, el sistema físico real que generalmente representamos es la 'cuenca hidrográfica' y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. De esta manera un modelo matemático nos ayudará a tomar decisiones en materia de hidrología, por lo que es necesario tener conocimiento de entradas al sistema y salidas a partir del sistema, para verificar si el modelo es acerca a la realidad

### 9.1 CREACIÓN DE HIETOGRAMAS

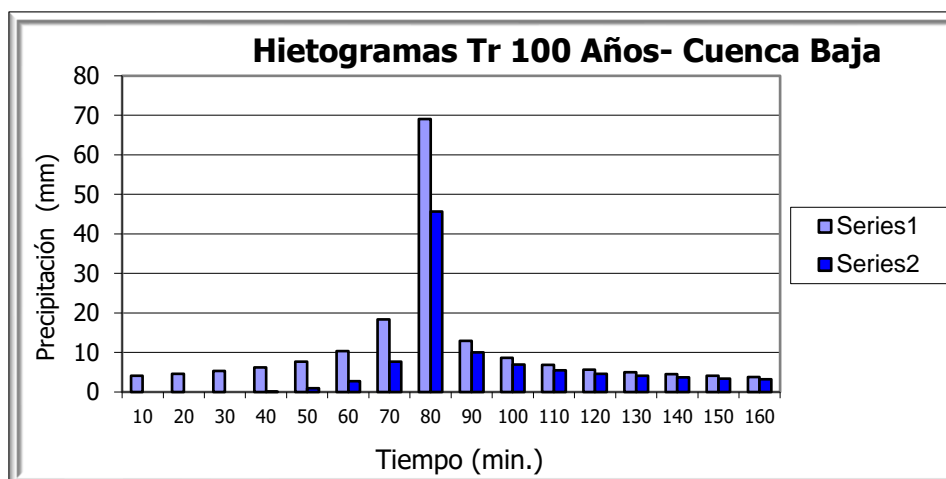
Para la creación de los hietogramas para diferentes periodos de retorno se tomo como referencia la información de las curvas IDF. Se visualizan solo los de la cuenca alta, ver anexo para visualizarlos completos



Grafica No. 20 Hietograma TR 100 Años Cuenca Alta  
Fuente: Autor- IDEAM



Grafica No. 21 Hietograma TR 100 Años Cuenca Media  
Fuente: Autor- IDEAM



Grafica No. 22 Hietograma TR 100 Años Cuenca Baja  
Fuente: Autor- IDEAM

## 9.2 MODELO HEC HMS 8.0

### 9.2.1 INSERCIÓN DE MAP LAYERS, CREACIÓN DE SUBBASIN, SICKS , E INSERCIÓN DE PARÁMETROS

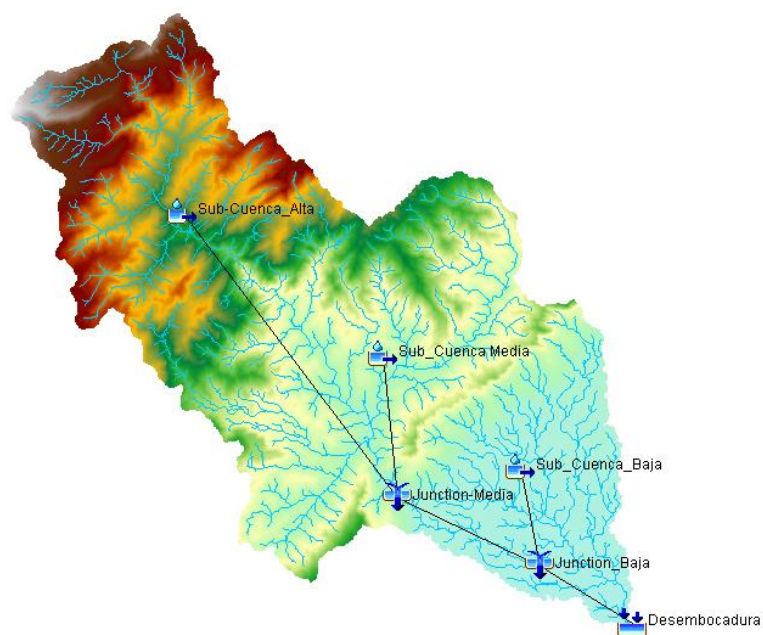
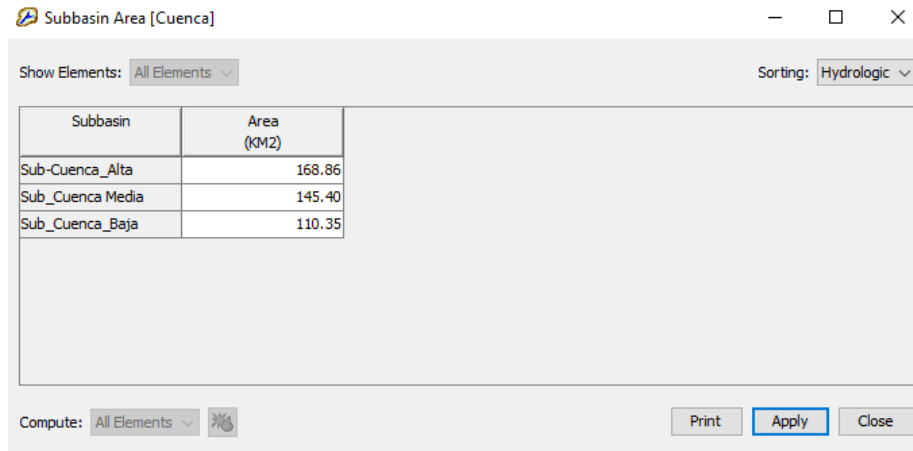


Ilustración 25 Modelo Hidrológico Hec Hms 4.8  
Fuente: Hec Hms 4.8

### 9.2.2 DATOS DE LA CUENCA

En la opción Basin Model- Subbasin, se establecen los parámetros de entrada, para esta simulación se completan los datos de área, posteriormente se escoge la opción de Loss Method de SCS Curve Numer y el Transform Method de SCS Unit Hydrograph

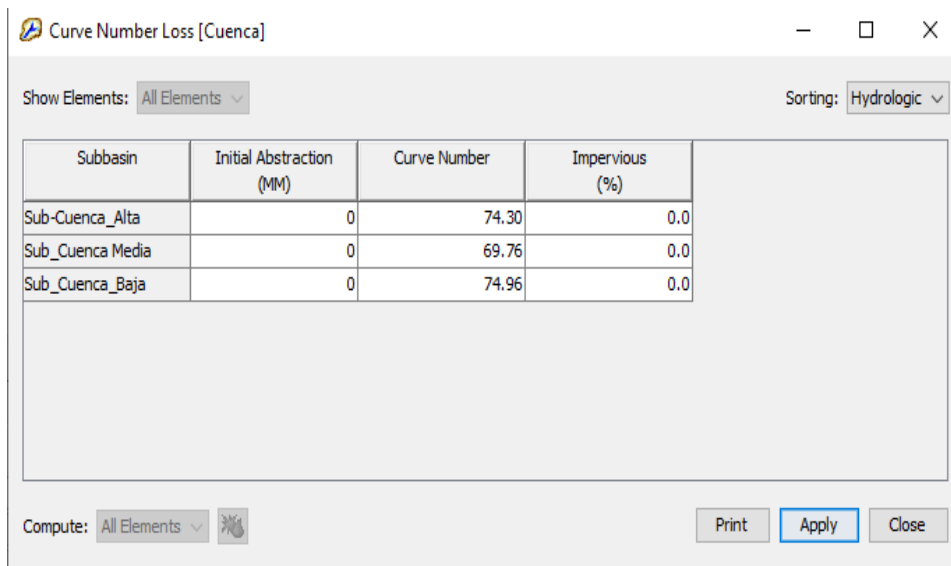


Subbasin	Area (KM2)
Sub-Cuenca_Alta	168.86
Sub_Cuenca Media	145.40
Sub_Cuenca_Baja	110.35

Ilustración 26 Áreas Subcuencas

Fuente: Hec Hms 4.8

En la opción de Loss se ingresan el numero de curva y la abstracción inicial. Para este caso se deja por defecto el valor de 0 en la abstracción



Subbasin	Initial Abstraction (MM)	Curve Number	Impervious (%)
Sub-Cuenca_Alta	0	74.30	0.0
Sub_Cuenca Media	0	69.76	0.0
Sub_Cuenca_Baja	0	74.96	0.0

Ilustración 27 Numero de Curva NC Cuenca

Fuente: Hec Hms 4.8

En la opción de Transform se ingresan los datos del Lag Time (min), calculados

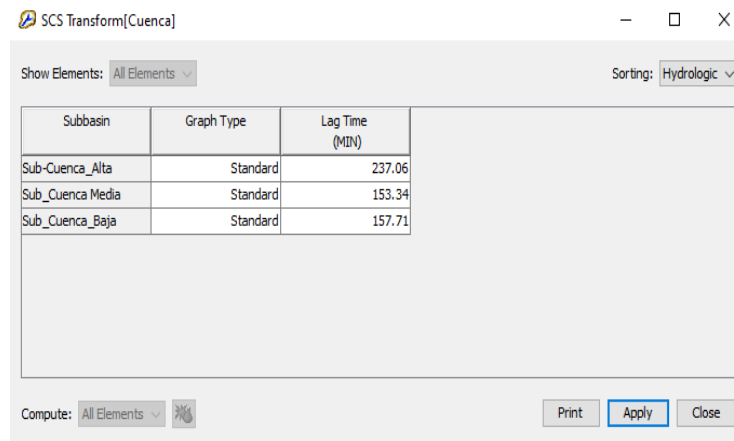


Ilustración 28 Lag Time (min)  
Fuente: Hec Hms 4.8

### 9.2.3 CREACIÓN DE METEROLOGIC MODELS

la herramienta Meteorologic Models permite ingresar los parámetros meteorológicos, para este caso en la opción replace missing se establece set to default, para evitar que el programa se interrumpa en caso de errores, en la opción specified hyetograph se ingresan los gages (precipitación) correspondientes a cada tiempo de retorno

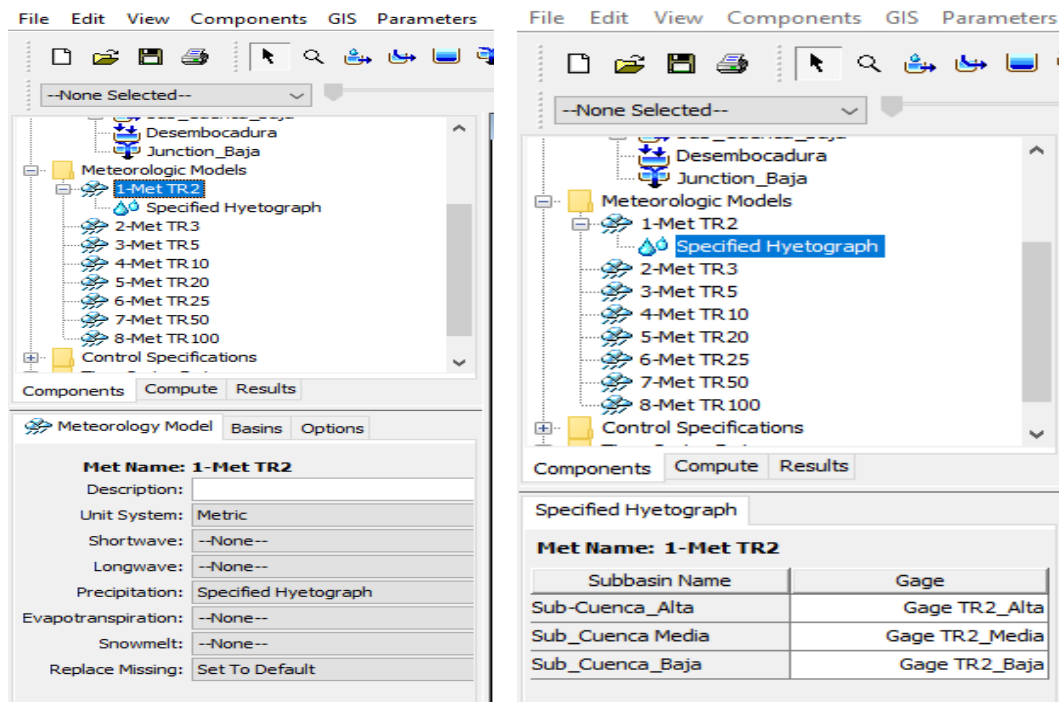


Ilustración 29 Meteorologic Models Hec Hms 4.8  
Fuente: Hec Hms 4.8



## 9.2.4 CREACIÓN DE CONTROL E INSERCIÓN DE PARÁMETROS

La opción control, permite establecer el tiempo de inicio, fin y los intervalos de simulación, para este caso se establece 1 día como fecha y 10 minutos como tiempo de intervalo

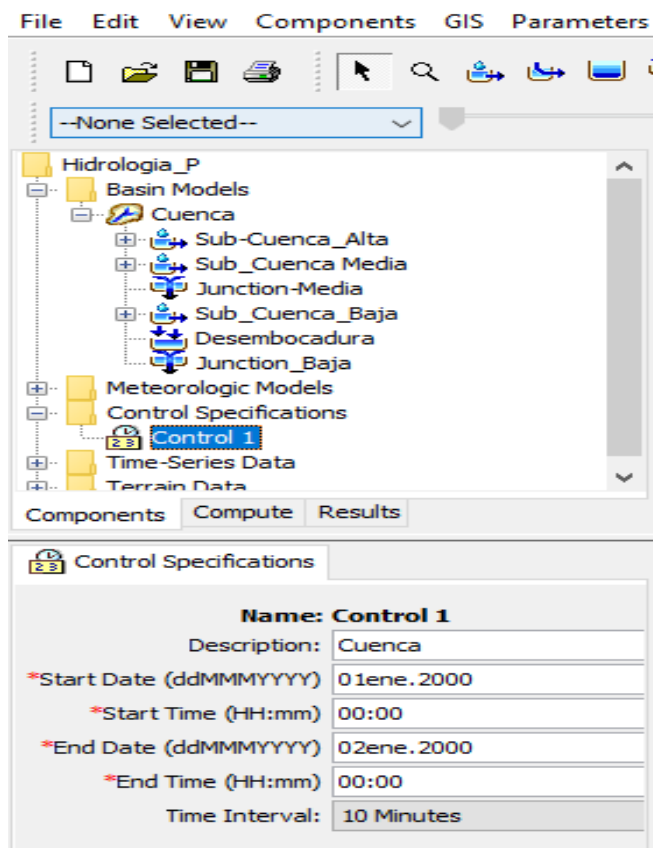


Ilustración 30 Control Models Hec Hms 4.8

Fuente: Hec Hms 4.8

## 9.2.5 CREACIÓN DE SIMULACIONES

Una vez establecido los parámetros necesarios se crean los simulation Runs para cada componente asignado.

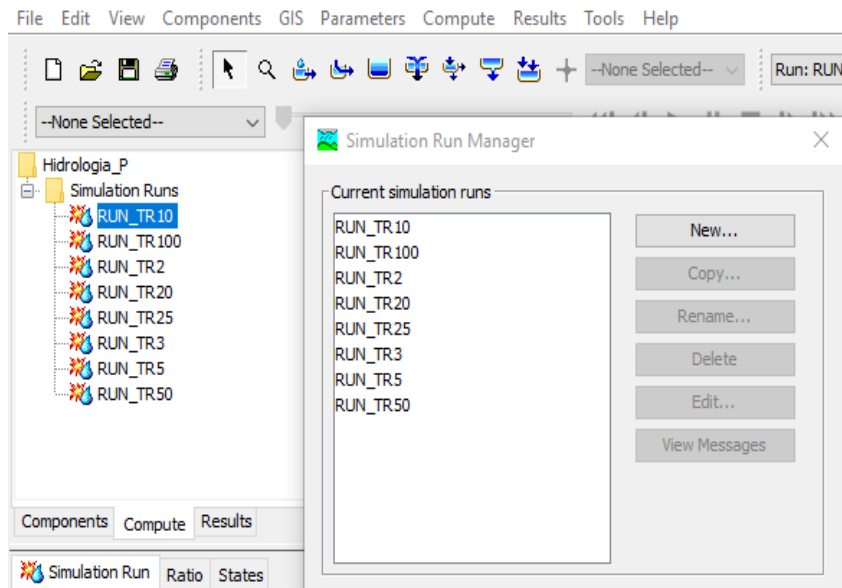
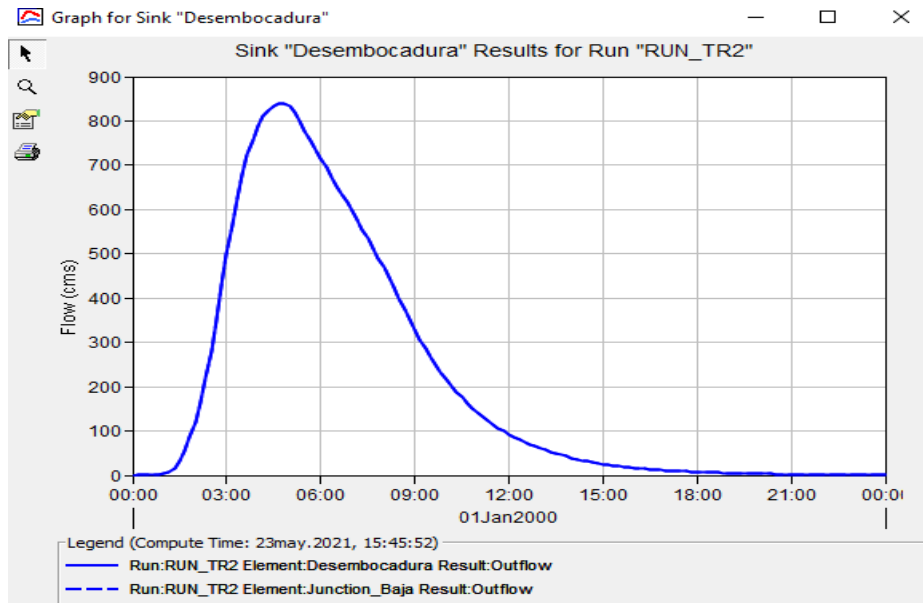


Ilustración 31 Simulación Models Hec Hms 4.8

Fuente: Hec Hms 4.8

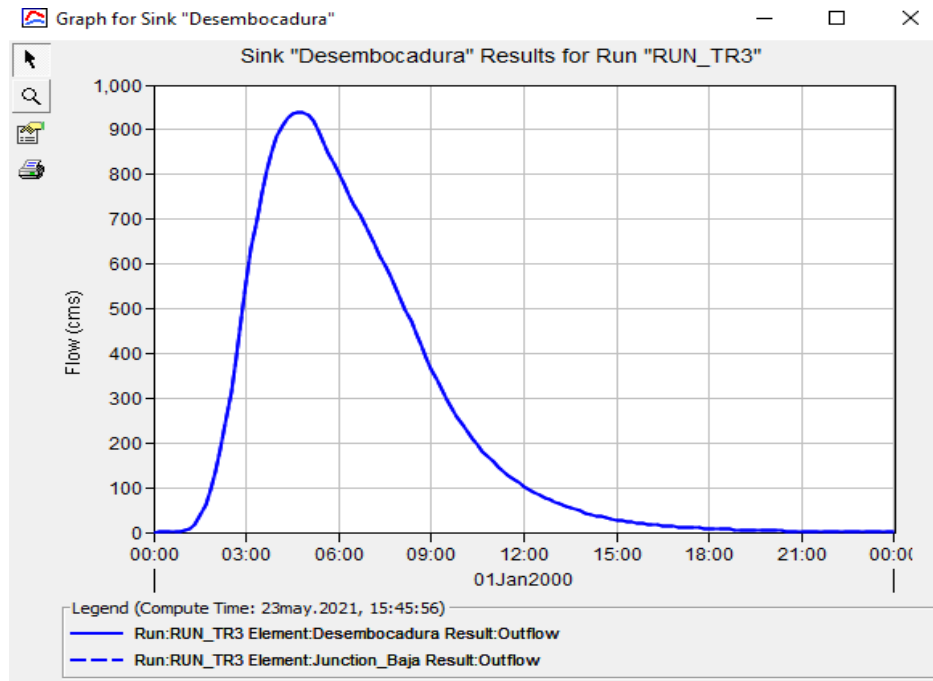
## 9.2.6 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del modelo son los hidrogramas a diferentes periodos de retorno, a continuación, se visualizan los resultados

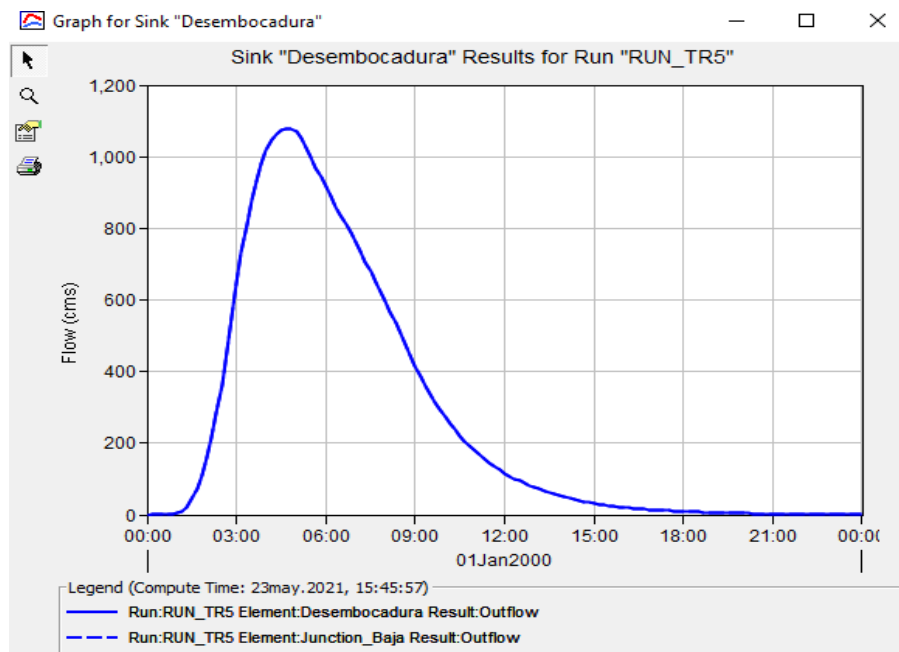


Grafica No. 23 Grafica Hidrograma TR 2 Cuenca

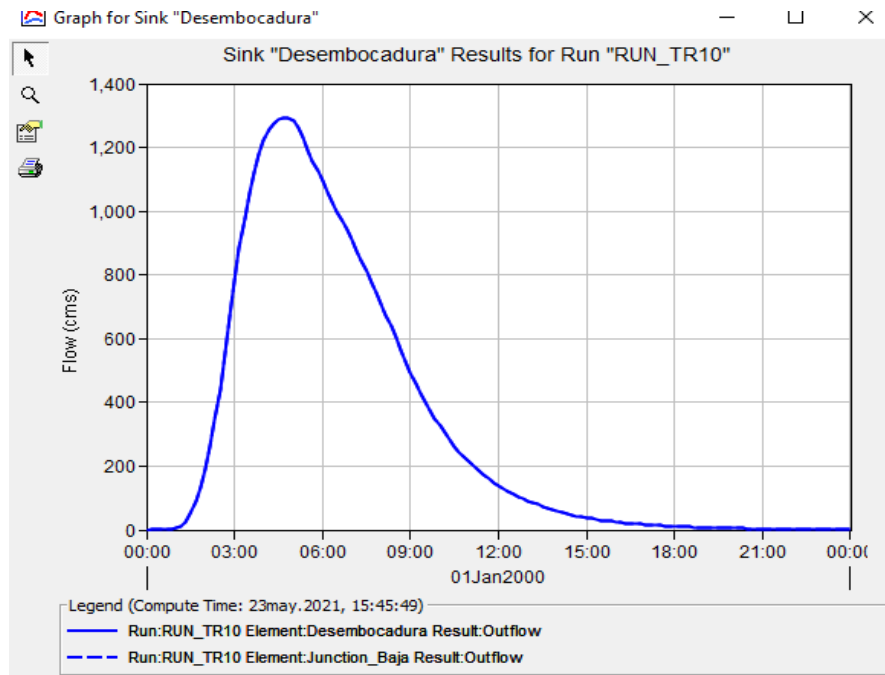
Fuente: Hec Hms 4.8



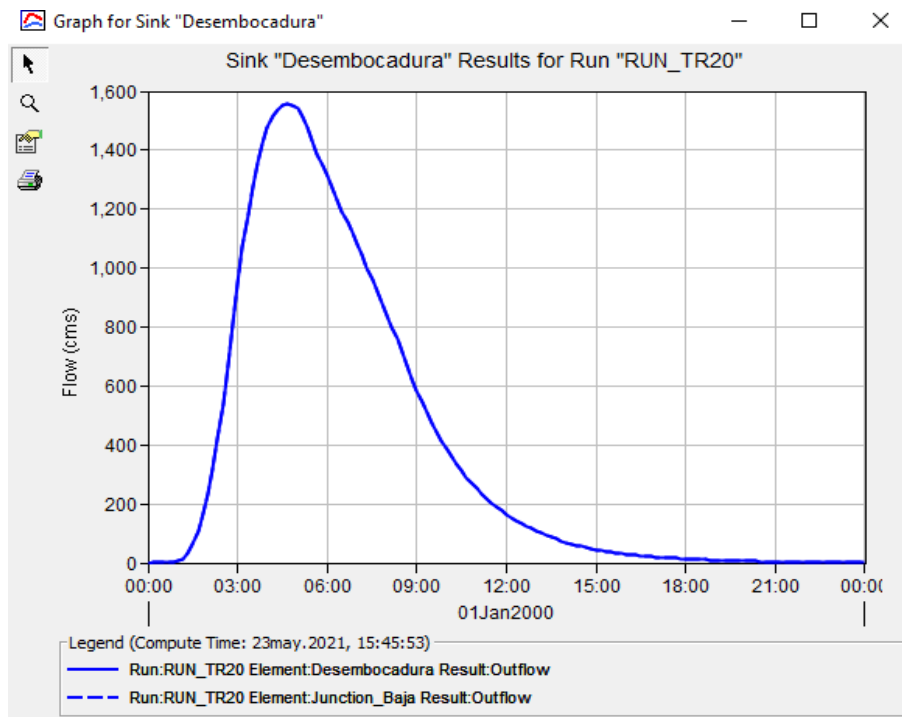
Grafica No. 24 Grafica Hidrograma TR 3 Cuenca  
Fuente: Hec Hms 4.8



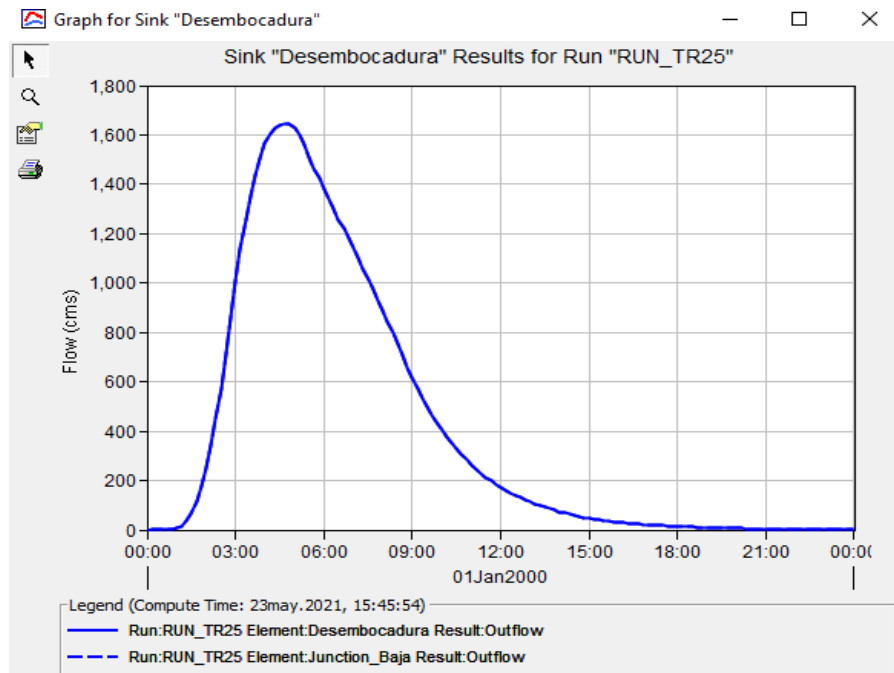
Grafica No. 25 Grafica Hidrograma TR 5 Cuenca  
Fuente: Hec Hms 4.8



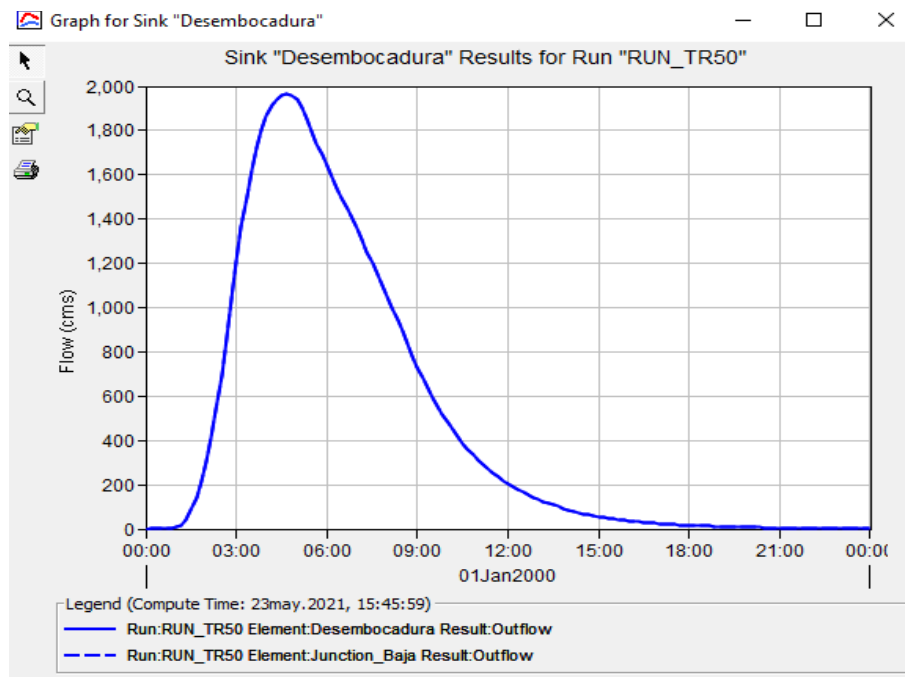
Grafica No. 26 Grafica Hidrograma TR 10 Cuenca  
Fuente: Hec Hms 4.8



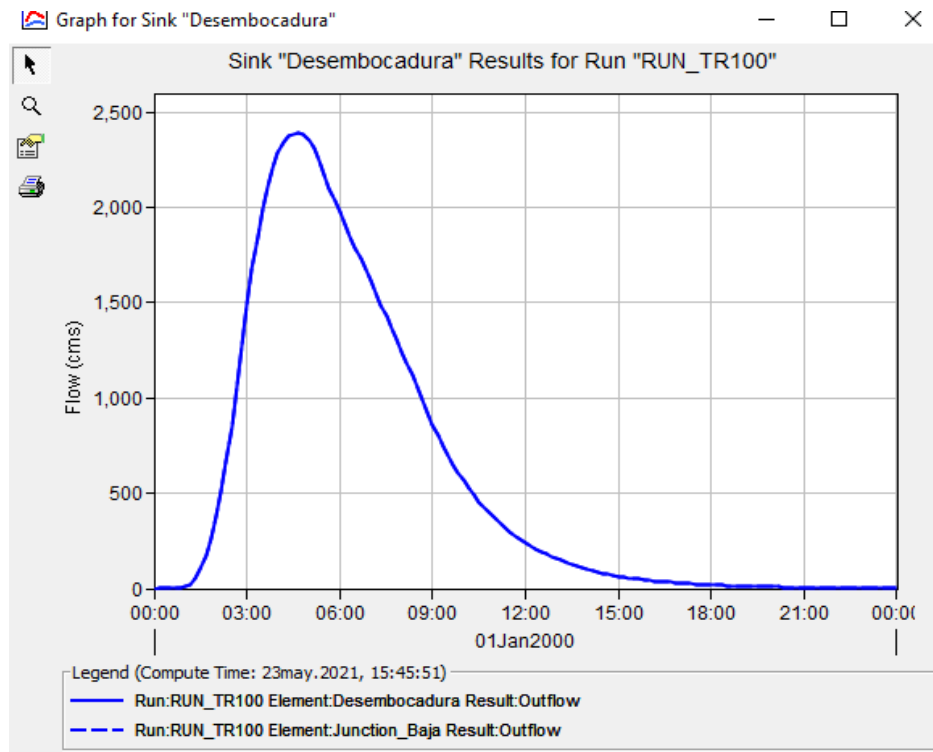
Grafica No. 27 Grafica Hidrograma TR 20 Cuenca  
Fuente: Hec Hms 4.8



Grafica No. 28 Grafica Hidrograma TR 25 Cuenca  
Fuente: Hec Hms 4.8



Grafica No. 29 Grafica Hidrograma TR 50 Cuenca  
Fuente: Hec Hms 4.8



Grafica No. 30 Grafica Hidrograma TR 100 Cuenca

Fuente: Hec Hms 4.8

## 10 MODELACIÓN HIDRÁULICA

De acuerdo a lo anterior, y en continuación del estudio hidrológico se presenta el desarrollo del estudio y diseño hidráulico, indicando la metodología, los criterios y la evaluación de cada componente necesario para que la modelación represente de buena manera el fenómeno físico presentado en la amenaza.

Como primera medida se evaluará las condiciones actuales del sector, planteando como hipótesis el desbordamiento de la sección hidráulica para un periodo de retorno de cien (100) años.

Con el propósito de establecer el comportamiento hidráulico del cauce en estudio bajo condiciones actuales, así como, las proyectadas según el alcance del proyecto, de acuerdo con la capacidad de conducción hidráulica de las secciones propuestas se implementaron modelos de análisis hidráulico mediante el modelo, software HEC-RAS 6.0 e IBER 2.6

Para la elaboración y desarrollo del Modelo, se contempla el uso del software de análisis hidráulico HEC-RAS 6.0 (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System), que es desarrollado y distribuido por US Army Corps of Engineers, y

corresponde a una actualización o nueva generación de los modelos HEC-2 y HEC-6. El software HEC-RAS 6.0 se fundamenta en un esquema de resolución unidimensional de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant, con capacidad de modelar hidráulicamente flujos subcríticos, supercríticos y mixtos. La descripción del Modelo HEC-RAS 6.0, sus ecuaciones gobernantes y métodos de solución empleados para simular el flujo.

En cuestión para el desarrollo del modelo usando el software de análisis hidráulico IBER 2.6, que es desarrollado y distribuido de forma libre por un grupo de instituciones europeas (CEDEX, GEAMA, GRUPO FLUMEN, CIMNE) que en conjunto avanzan en el desarrollo del mismo, creando modelos matemáticos bidimensionales para la simulación de ríos y estuarios, permite realizar el cálculo de flujo en cauces, zonas inundables, evaluar zonas de riesgo, simular el paso del agua bajo puentes, compuertas y vertederos.

## 10.1 MODELO UNIDIMENSIONAL HEC RAS

El análisis hidráulico de la corriente para el tramo en estudio, se realiza mediante el Modelo y programa de cálculo HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) desarrollado y publicado por US Army Corps of Engineers., el cual constituye una actualización de los modelos HEC-2 y HEC-6.

Definido un modelo geométrico de los cauces y las estructuras hidráulicas que lo intervengan (a partir de secciones transversales), asignados los coeficientes de Manning tanto para el canal principal como para las bancas, habiendo suministrado datos de caudal y establecidas las condiciones de frontera apropiadas aguas arriba y aguas abajo del tramo en estudio, el programa HEC-RAS evalúa entre otros parámetros:

- Perfil de flujo longitudinal.
- Línea de Energía.
- Profundidad Crítica.
- Perfil de velocidad en cada sección transversal.
- Pérdida de energía por fricción y por contracción o expansión.
- Tensión tangencial o esfuerzo de corte
- Radio hidráulico
- Profundidad hidráulica

El Modelo HEC-RAS, es un modelo de cálculo de flujo unidimensional, que para análisis de flujo estable emplea las ecuaciones de energía y momento incluyendo pérdidas por fricción y por contracción o expansión del flujo. Las consideraciones para la aplicación del modelo son las siguientes:

- 1) Flujo Estable.
- 2) El flujo es gradualmente variado (excepto en estructuras hidráulicas como Puentes o Alcantarillas. En estos sitios donde el flujo puede ser rápidamente

variado se emplea la ecuación de momento o ecuaciones empíricas para realizar el cómputo).

- 3) El flujo es unidimensional (solo se consideran las componentes de velocidad en la dirección del flujo).
- 4) El cauce de la corriente presenta pendientes pequeñas.

Los cálculos hidráulicos a través de estructuras hidráulicas como puentes pueden ser realizados por los siguientes métodos:

- Ecuación de Energía (método de paso standard).
- Balance de Momento.
- Ecuación de Yarnell.
- Método FHWA WSPRO

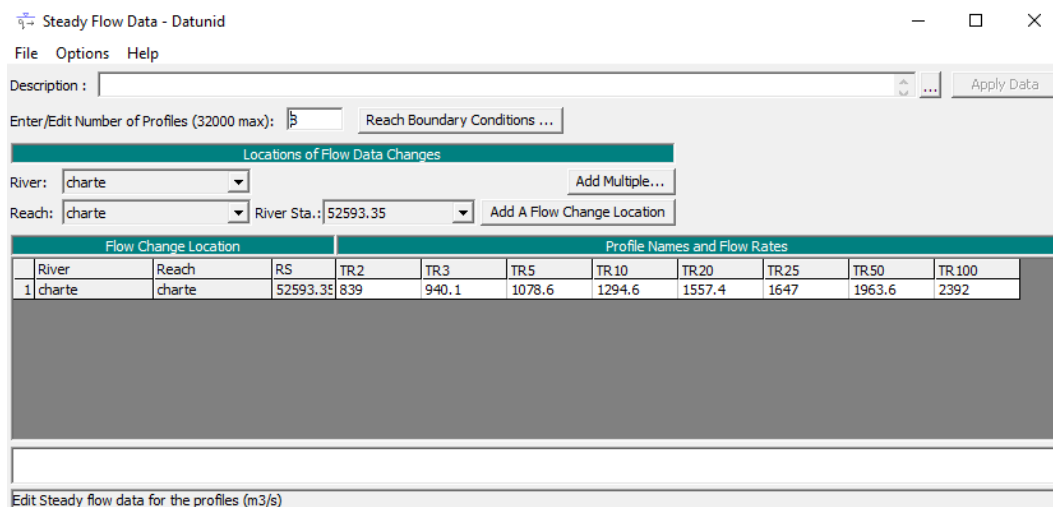
#### 10.1.1 CREACIÓN DE ALINEAMIENTO, FLOW PATHS Y SECCIONES EN CIVIL 3D

#### 10.1.2 CREACIÓN DE GEOMETRÍA EN ARCGIS 10.3- COMPLEMENTO HEC GEORAS

#### 10.1.3 CREACIÓN DE SHAPES DE RUGOSIDAD E IMPORTACIÓN A HEC RAS E IBER

#### 10.1.4 STEADY FLOW DATA

En esta sección se establece el numero de perfiles a establecer, para este caso se establecen 8 correspondientes a TR2, TR3, TR5, TR10, TR20, TR25, 50, Tr100, se insertan los caudales calculados en el Hec Hms y las Reach Boundary Condition 0.0005 para aguas abajo y 0.0001 para aguas arriba



Steady Flow Data - Datunid

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

**Locations of Flow Data Changes**

River:

Reach:  River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates							
River	Reach	RS	TR2	TR3	TR5	TR10	TR20	TR25	TR50	TR100
1	charte	52593.35	839	940.1	1078.6	1294.6	1557.4	1647	1963.6	2392

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Ilustración 32 Steady Flow Data Hec Ras6.0

Fuente: Hec Ras 6.0



### 10.1.5 SIMULACIÓN HIDRÁULICA

En la herramienta Steady Flow Analysis, se establece las condiciones de la simulación, en este caso se escoge la opción de régimen de flujo mixto , se marca la opción floodplain mapping

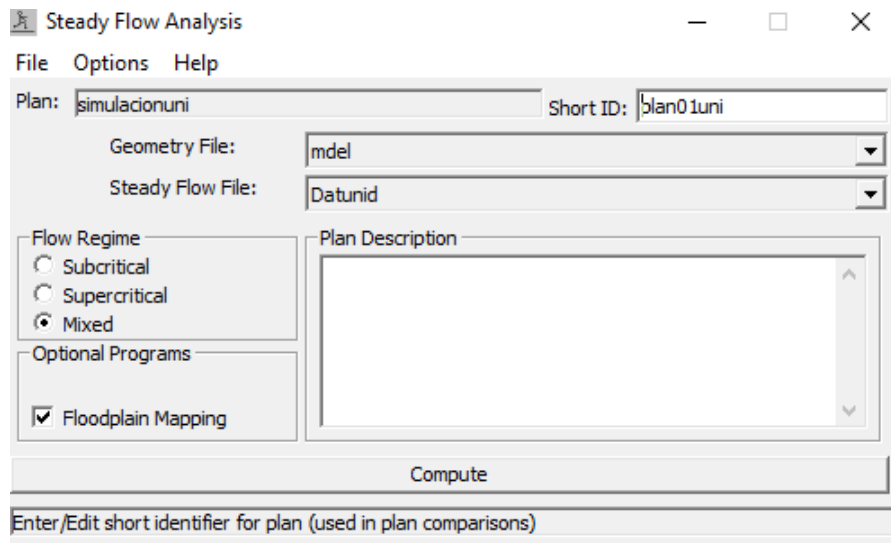


Ilustración 33 Steady Flow Análisis Hec Ras6.0

Fuente: Hec Ras 6.0

En Options se ingresa a set locations for Flow distribution en la opción Upstream RS la primera sección aguas arriba ( 649.84), y en downstream la última sección aguas abajo correspondiente. Se selecciona al range con el número de subsecciones

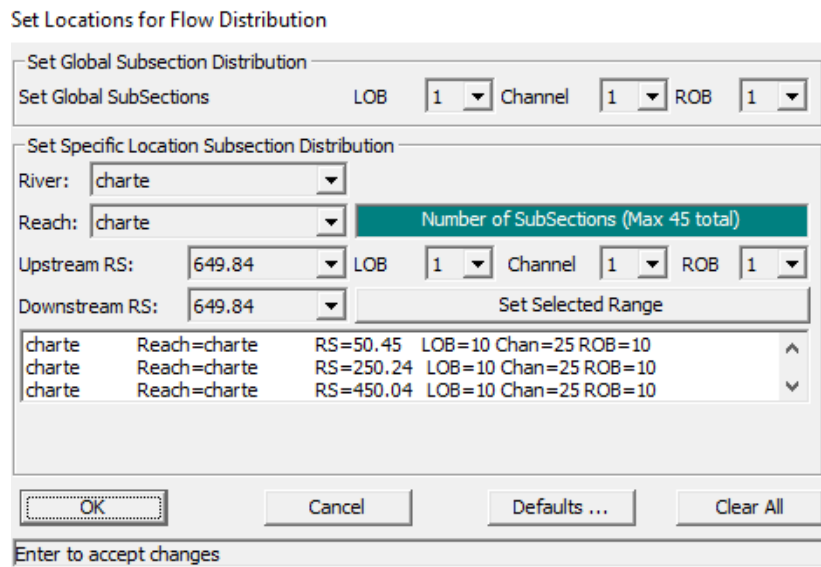


Ilustración 34 Set Location For Flow Hec Ras6.0

Fuente: Hec Ras 6.0

## 10.1.6 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

En la opción ver cross section se visualiza la secciones con la lámina de agua, WSE y la distribución de velocidades

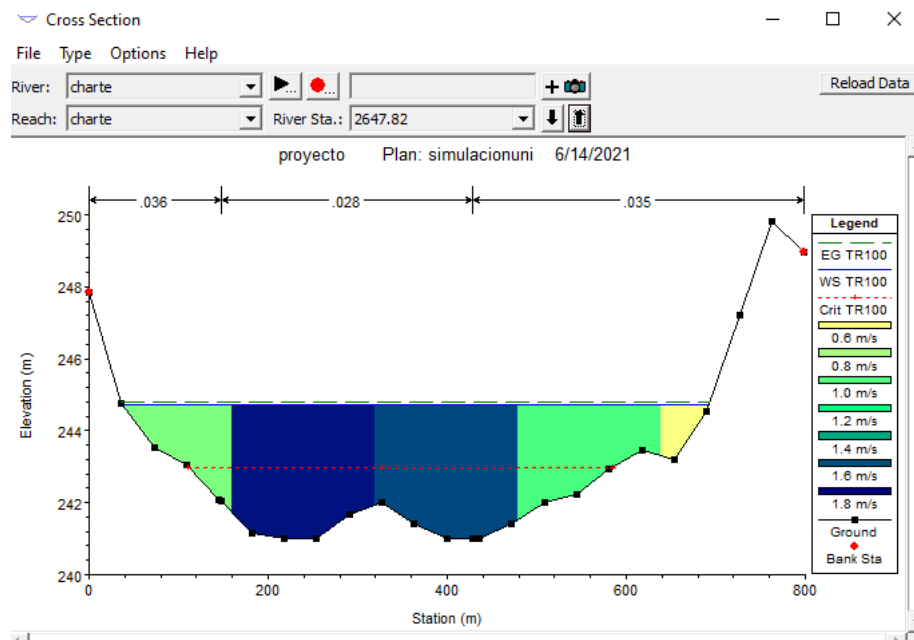


Ilustración 35 Perfil de Velocidad y WS section 2647.82  
Fuente: Hec Ras 6.0

En cross section output Podemos visualizar los resultados hidráulicos en cada sección

**Cross Section Output**

File Type Options Help

River: charte Profile: TR100

Reach: charte RS: 2647.82 Plan: plan01uni

Plan: plan01uni charte charte RS: 2647.82 Profile: TR100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	244.81	Wt. n-Val.		0.030	
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	198.31	199.80	201.29
W.S. Elev (m)	244.70	Flow Area (m2)		1667.58	
Crit W.S. (m)	242.99	Area (m2)		1667.58	
E.G. Slope (m/m)	0.000491	Flow (m3/s)		2392.00	
Q Total (m3/s)	2392.00	Top Width (m)		654.41	
Top Width (m)	654.41	Avg. Vel. (m/s)		1.43	
Vel Total (m/s)	1.43	Hydr. Depth (m)		2.55	
Max Chl Dpth (m)	3.70	Conv. (m3/s)		107959.9	
Conv. Total (m3/s)	107959.9	Wetted Per. (m)		654.52	
Length Wtd. (m)	199.80	Shear (N/m2)		12.27	
Min Ch El (m)	241.00	Stream Power (N/m s)		17.59	
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)		3785.66	
Frctn Loss (m)	0.11	Cum SA (1000 m2)		1467.87	
C & E Loss (m)	0.00				

Ilustración 36 Cross Section Output Perfil de Velocidad y WS Section 2647.82  
Fuente: Hec Ras 6.0

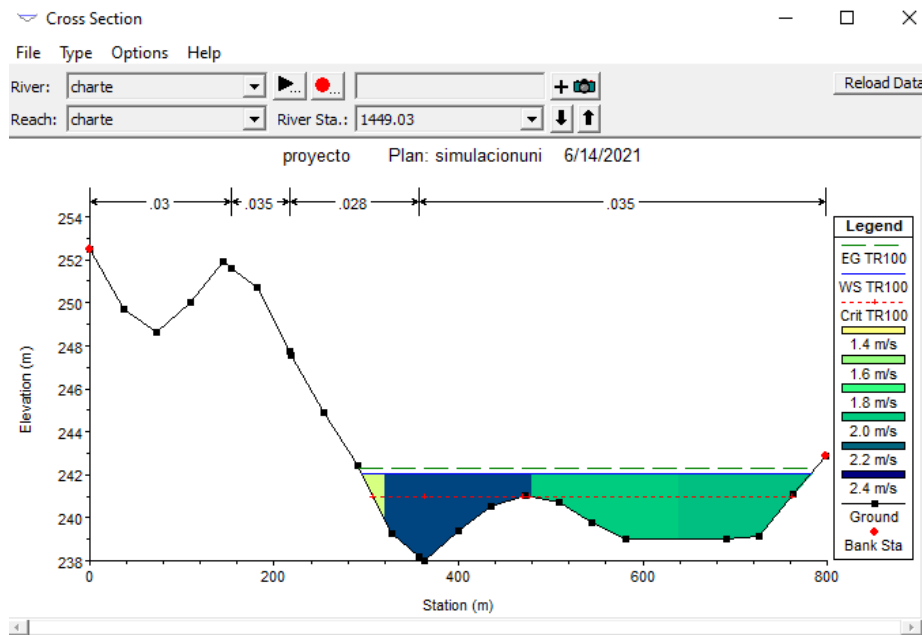


Ilustración 37 Cross Section Perfil de Velocidad y WS Section 1449.03  
Fuente: Hec Ras 6.0

Cross Section Output

File Type Options Help

River: charte Profile: TR100

Reach: charte RS: 1449.03 Plan: plan01uni

Plan: plan01uni charte charte RS: 1449.03 Profile: TR100

E.G. Elev (m)	242.29	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.		0.034	
W.S. Elev (m)	242.06	Reach Len. (m)	199.17	199.80	200.43
Crit W.S. (m)	240.99	Flow Area (m2)		1145.88	
E.G. Slope (m/m)	0.001610	Area (m2)		1145.88	
Q Total (m3/s)	2392.00	Flow (m3/s)		2392.00	
Top Width (m)	488.43	Top Width (m)		488.43	
Vel Total (m/s)	2.09	Avg. Vel. (m/s)		2.09	
Max Chl Dpth (m)	4.05	Hydr. Depth (m)		2.35	
Conv. Total (m3/s)	59611.0	Conv. (m3/s)		59611.0	
Length Wtd. (m)	199.80	Wetted Per. (m)		488.72	
Min Ch El (m)	238.01	Shear (N/m2)		37.02	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		77.28	
Frctn Loss (m)	0.65	Cum Volume (1000 m3)		2537.80	
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)		961.96	

Ilustración 38 Cross Section Output Perfil de Velocidad y WS Section 1449.03  
Fuente: Hec Ras 6.0

## 10.2 MODELO BIDIMENSIONAL HEC RAS

La modelación hidráulica (en términos hidrodinámicos) tiene como característica principal, que permite determinar estas variables en diversos puntos de interés de forma espacial y temporal, luego, por ejemplo, a lo largo de un río, es posible conocer las variaciones de nivel a medida que se transita una onda o un evento de interés, desde su entrada hasta su salida en el sistema.

HEC RAS desde su versión 5.0 (versión beta), a través de RAS Mapper incorporo las herramientas básicas para la modelización en dos dimensiones. El empleo del mismo es bastante sencillo en el pre y post proceso. La particularidad más notable al momento de adecuar la malla 2D al terreno subyacente es el tiempo empleado, si hablamos de evaluar grandes llanuras de inundación. Entre los parámetros computacionales destacamos los siguientes: la dimensión de malla y paso de tiempo computacional, pues nos permiten asegurar la estabilidad del modelo

### 10.2.1 IMPORTACIÓN DE MDE

Con la herramienta Ras Mapper se ingresa a projection establecida y se crea el terrain seleccionando un nivel de detalle de 1/64

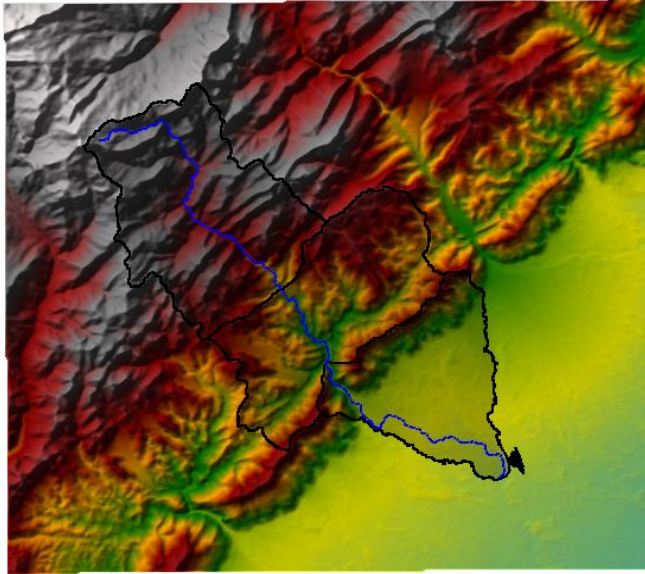


Ilustración 39 Modelo de elevación Digital

Fuente: Ras Mapper- Hec Ras 6.0

### 10.2.2 CREACIÓN DE ÁREA 2D (MALLA) Y TAMAÑO CELDAS

Para a creación de la malla 2d se puede ingresar a la opción geometría o en módulo de Ras Mapper

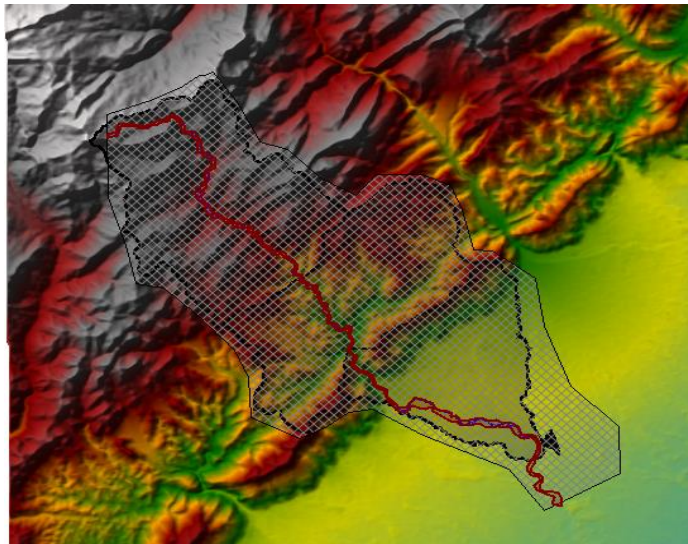


Ilustración 40 Malla 2D

Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

Una vez se establece el área de simulación se escoge el tamaño de la celda. Entre más pequeño sea el tamaño de la celda mayor será el detalle pero el tiempo computacional será más alto, para este proyecto se establece una celda de 30x30

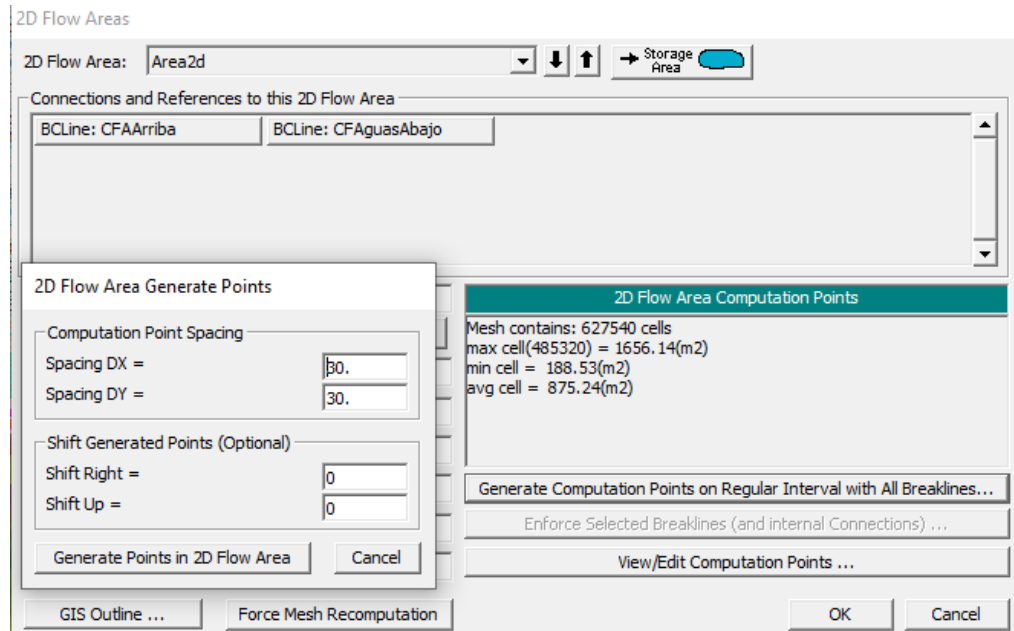


Ilustración 41 2D Flow Area

Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

### 10.2.3 ASIGNACIÓN DE CONDICIONES DE FRONTERA O CONTORNO

Para establecer las condiciones de frontera se selecciona la herramienta BC Lines y se dibuja la línea aguas arriba y la línea de aguas abajo. Siendo la representación donde el hidrograma ingresará y finalizará



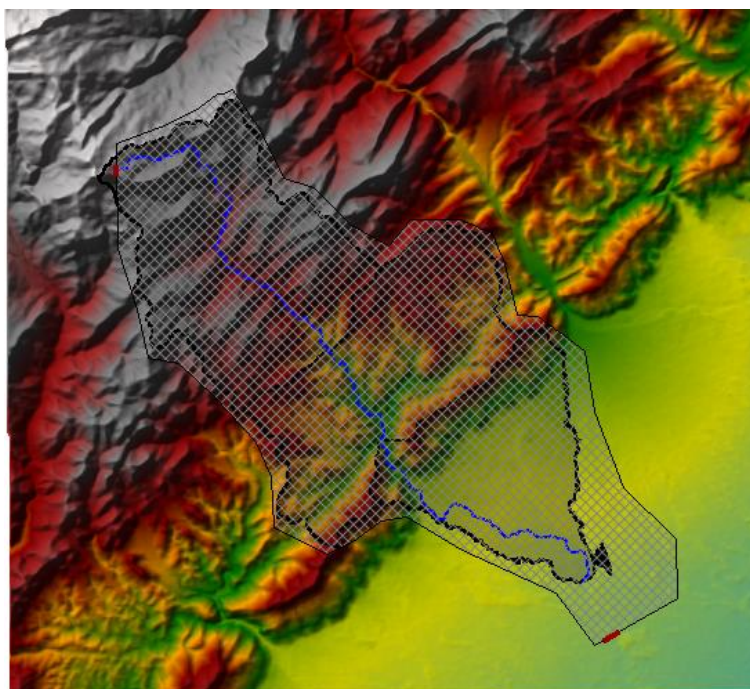


Ilustración 42 Condiciones de Contorno ( Aguas Arriba- Bajo)  
Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

#### 10.2.4 ASIGNACIÓN DE RUGOSIDAD DE MANNING

Para aproximar las condiciones de los materiales y coberturas del terreno de modelación se ingresan los valores de rugosidad de Manning

Land Cover Layer		
	Name	Default Mann n
1	NoData	
2	Tejido Urbano Continuo	0.018
3	Mosaico de Pastos con EspN	0.036
4	vegetacion secundaria	0.15
5	Cereales	0.035
6	Mos Pastos, EN	0.035
7	Herbazal	0.048
8	Pastos Limpios	0.03
9	Bosque Denso	0.04
10	Rios	0.028
11	Cultivos Permanentes	0.036
12	Pastos Enmalezados	0.032
13	Bosque de galeria Y ripario	0.05
14	Mosaico de Pastos y Culti	0.03
15	Bosque FRagmentado	0.058
16	Pastos Arbolados	0.033
17	Aeropuertos	0.015
18	Zonas Industriales o Comerc	0.015
19	Tierras Desnudas Y degrad	0.018
20	Instalaciones Recreat	0.015
21	Arbustal	0.05

Ilustración 43 Rugosidad de Manning  
Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

## 10.2.5 UNSTEADY FLOW DATA

Una vez definido el área 2D, rugosidades y las condiciones de frontera se ingresa a la herramienta Unsteady Flow Data para ingresar el hidrograma en la BCline aguas arriba y la 0.0005 como condición Normal Depth en la BCline aguas abajo

Unsteady Flow Data - UnsteadyFlowdata

File Options Help

Description: Proyecto\_Morichal

Boundary Conditions Initial Conditions Meteorological Data Observed Data

**Boundary Condition Types**

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Elev. Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow
Rules	Precipitation		

**Add Boundary Condition Location**

Add RS ... Add SA/2D Flow Area ... Add SA/2D Area Conn ... Add Pump Station ...

Select Location in table then select Boundary Condition Type

River	Reach	RS	Boundary Condition
1 charte	charte	52593.35	Flow Hydrograph
2 charte	charte	50.45	Normal Depth

**Storage/2D Flow Areas**

Area	BCLine	Boundary Condition
1 Area2d	BCLine: CFAArriba	Flow Hydrograph
2 Area2d	BCLine: CFAguasAbajo	Normal Depth

Ilustración 44 Unsteady Flow Data  
Fuente: Hec Ras 6.0

Para simular las condiciones lo más aproximado se realiza la simulación estableciendo un caudal base para luego ser insertado como una condición inicial.

Flow Hydrograph

SA: Area2d BCLine: CFAArriba

☐ Read from DSS before simulation

File: Path:

☒ Enter Table

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 15JUN1990 Time: 00:00

☐ Fixed Start Time: Date: Time:

Data time interval: 10 Minute

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

**Hydrograph Data**

Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1 14Jun1990 2400	00:00	0
2 15Jun1990 0010	00:10	0
3 15Jun1990 0020	00:20	0.3
4 15Jun1990 0030	00:30	1
5 15Jun1990 0040	00:40	2.7
6 15Jun1990 0050	00:50	6
7 15Jun1990 0100	01:00	12.1
8 15Jun1990 0110	01:10	23.5
9 15Jun1990 0120	01:20	53.3
10 15Jun1990 0130	01:30	103.5
11 15Jun1990 0140	01:40	177.1
12 15Jun1990 0150	01:50	267.9
13 15Jun1990 0200	02:00	377.1
14 15Jun1990 0210	02:10	509.5
15 15Jun1990 0220	02:20	667.4

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

☐ Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step):

Min Flow: 0.3 Multiplier: 1 EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.0001 TW G

Plot Data OK Cancel

Ilustración 45 Flow Hydrograph  
Fuente: -Hec Ras 6.0



Para ingresar la simulación con el caudal base en la pestaña de initial condition restar filename

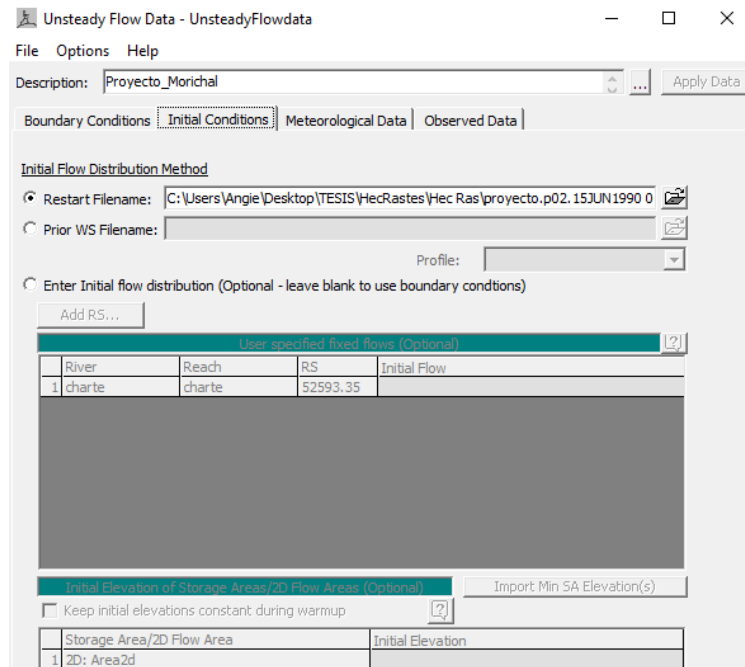


Ilustración 46 Initial Conditions Unsteady Flow Data

Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

## 10.2.6 UNSTEADY FLOW DATA

Para crear la simulación se ingresa a la opción de Unsteady Flow Analysis, se selecciona los programas correr, geometry preprocessor, Unsteady Flow simulation, post processor y floodplain mapping. Para esta simulación se establece 30 segundos como intervalo de computación, 10 minutos para el mapping output Interval, 10 minutos para el hydrograph output Interval y 10 minutos para el detailed output Interval. Estos parámetros están en función del detalle que se requiera y la capacidad del equipo computacional

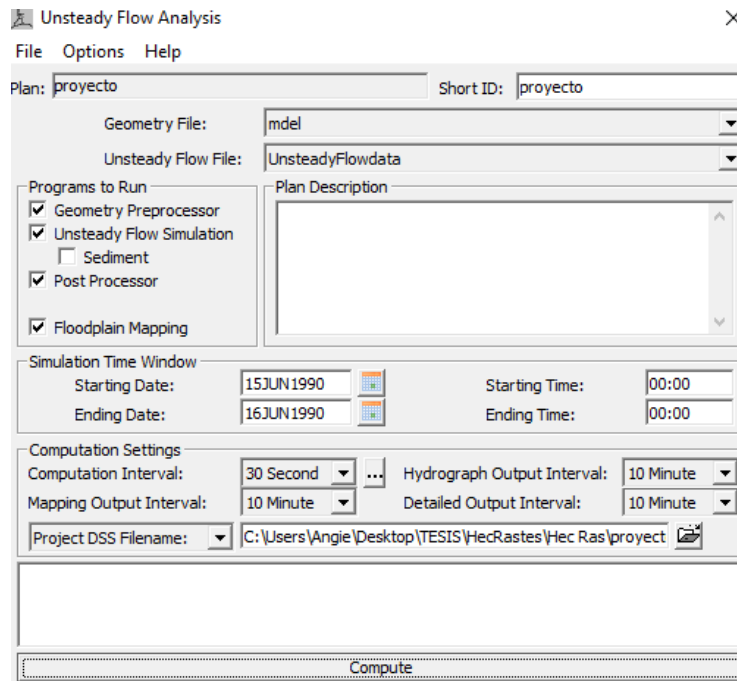


Ilustración 47 Unsteady Flow Analysis

Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

## 10.2.7 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Para visualizar los resultados de la simulación se ingresa a la opción Ras Mapper, marcando resultados. Hec Ras permite visualizar el Depth, WSE, y la velocidad así como crear perfiles

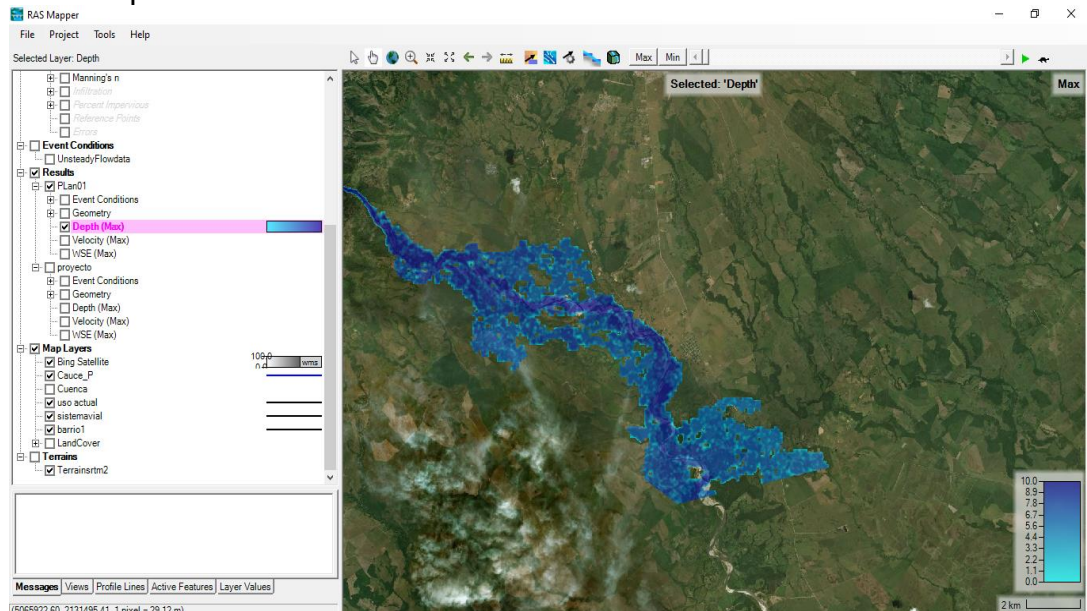
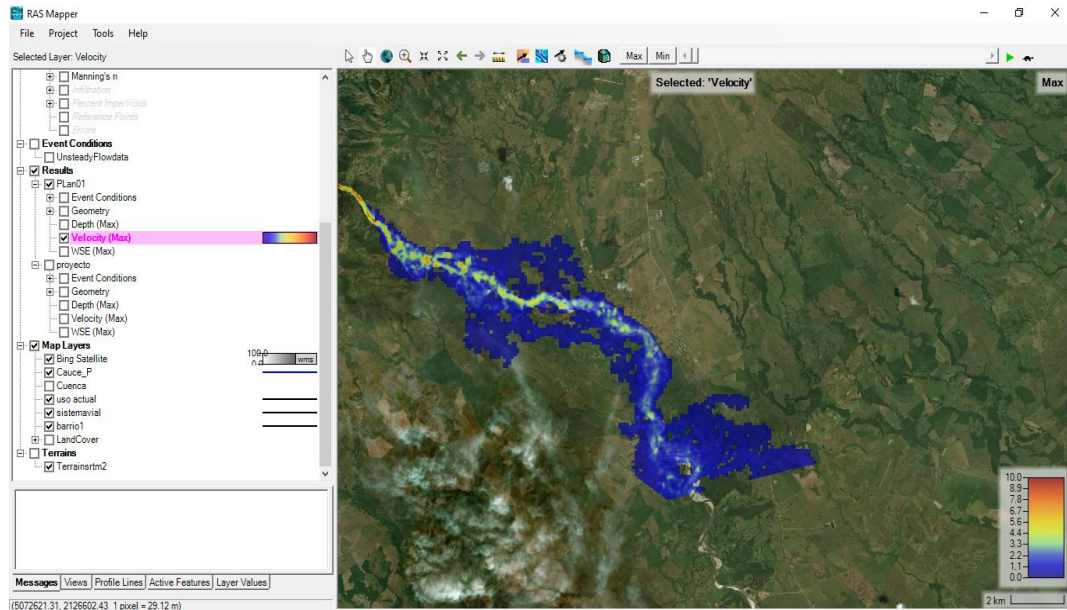


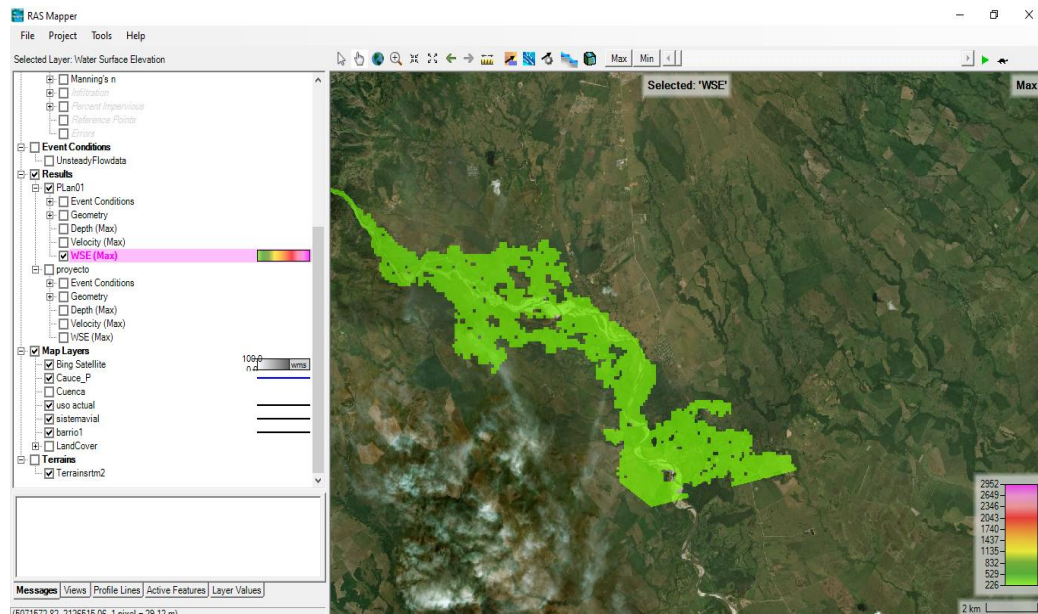
Ilustración 48 Resultados Hec Ras ( Depth)

Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

Los resultados muestran que la zona donde se encuentra localizado el centro poblado de morichal no se encuentra expuesto a amenazas por inundación, sin embargo las zonas aguas abajo del centro poblado contiguas a la ronda hídrica del río puede verse afectada. Esta información se aproxima a la expuesto en el Pot de Yopal – Casanare. Sin embargo los resultados son meramente académicos y se requiere de información mas detallada.



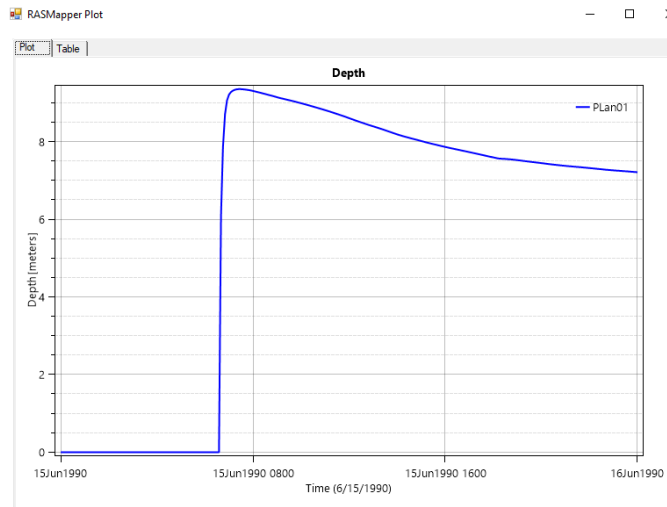
**Ilustración 49 Resultados Hec Ras ( Velocity)**  
Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0



**Ilustración 50 Resultados Hec Ras ( WSE)**  
Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

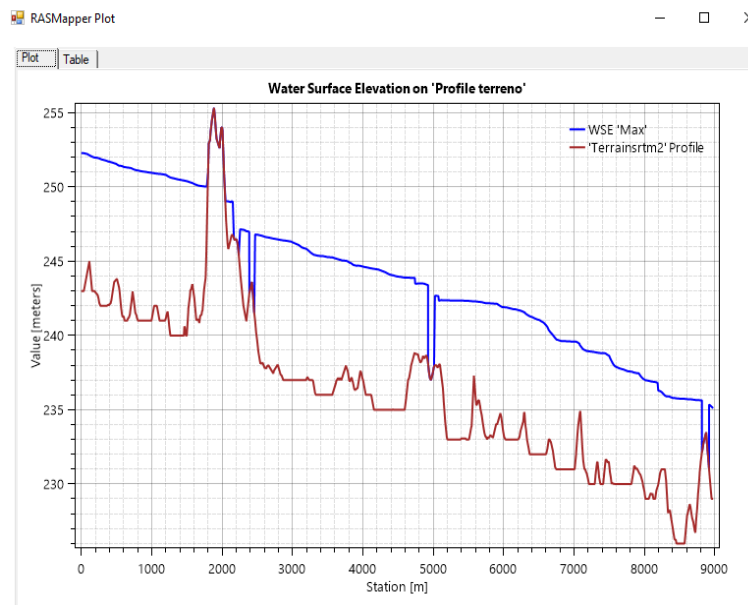
## 10.2.8 PERFIL TOPOGRÁFICO Y PERFIL DEL AGUA

La opción crear perfil permite la visualización del Depth o WSE en función del tiempo. Para la zona cercana al centro de morichal se registran valores depth hasta 8.5 m



Grafica No. 31 Resultados Hec Ras (Perfil Depth)  
Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0

Otro tipo de perfil disponible es la combinación de las opciones WSE con el terreno y Depth con el terreno. El terreno tiene algunos errores, esto puede deberse a las mediciones del MDE



Grafica No. 32 Resultados Hec Ras ( Perfil terreno- WSE)

### 10.3 MODELO BIDIMENSIONAL IBER

El análisis hidráulico de la corriente para el tramo en estudio, se realiza mediante el Modelo y programa de cálculo IBER el cual es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña), el Grupo Flumen (Universitat Politècnica de Catalunya y Universitat de Barcelona) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE (vinculado a la Universidad Politécnica de Cataluña), en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua.

Definido un enmallado de los cauces y las estructuras hidráulicas que lo intervengan (a partir de modelos de elevaciones digital, DEM), asignados los coeficientes de Manning para cada cobertura establecida dentro de la zona en estudio, habiendo suministrado datos de hidrogramas y estableciendo las condiciones de frontera apropiadas aguas arriba y aguas abajo del tramo en estudio, el programa IBER evalúa entre otros parámetros:

- Calados
- Velocidades
- Numero de froude
- Caudal específico
- Perfil de velocidad en cada sección transversal dibujadas manualmente.
- Profundidad hidráulica

#### 10.3.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL FLUJO: COEFICIENTE DE MANNING

La ecuación de Manning constituye una de las más utilizadas para análisis de flujo uniforme en canales abiertos, debido a la simplicidad de su forma y a los resultados satisfactorios que arroja.

$$V = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times S^{1/2}$$

V = velocidad media, en m/s.

R<sub>H</sub> = es el radio hidráulico de la sección transversal.

S = la pendiente de la línea de energía

n = [s.m<sup>1/3</sup>] coeficiente de Manning y tiene la propiedad de permanecer constante para una determinada rugosidad, asumiendo el flujo como permanente, uniforme y turbulento rugoso. Su valor varía dependiendo de las unidades de medidas utilizadas para las otras variables ligadas al dimensionamiento hidráulico.

El coeficiente de rugosidad de Manning se ve afectado por factores como:

- a. Rugosidad superficial
- b. Vegetación
- c. Irregularidad del canal
- d. Alineamiento del canal
- e. Sedimentación y socavación
- f. Tamaño y forma del canal, entre otros.

En corriente con fondo granular, el coeficiente de resistencia al flujo presenta variación en función del nivel de ocupación del cauce y de la forma del mismo. El coeficiente de Manning puede ser expresado como<sup>2</sup>:

$$n = n_g + n_f$$

Donde  $n_g$  es el coeficiente de rugosidad debido al tamaño de grano de las partículas del fondo y  $n_f$  es el coeficiente de rugosidad debido a las formas de fondo presentes en el cauce o lecho de la Corriente.

Para efectos de estimar  $n_g$ , se emplea la ecuación planteada por Strickler's (1923):

$$n_g = \frac{(d_{50})^{1/6}}{21}$$

De acuerdo a literatura consultada<sup>3</sup>, los coeficientes de Manning apropiados para corrientes naturales con ancho superficial menor a 30.0 m varían de  $0.020 \leq n \leq 0.035$ . Para las modelaciones realizadas en el presente estudio, con fundamento en registro fotográfico, topografía general del área de estudio (caracterizada por presentar pendientes bajas) se establecen valores del coeficiente de Manning para modelación hidráulica bajo condiciones actuales de la siguiente forma:

### 10.3.2 CONDICIONES DE FRONTERA

Para efectos de establecer las condiciones de frontera, en primera instancia, es apropiado aproximar una clasificación del flujo en función del tipo de cauce y la pendiente longitudinal del mismo. Al estimar el pendiente longitudinal promedio de las distintas canalizaciones, se determinó que corresponden a pendientes bajas. Con fundamento en lo anterior y bajo la premisa de que a lo largo del canal se pueden encontrar algunos tramos con pendiente supercrítica y otros subcrítica, se establece como requisito de análisis considerar la condición de flujo mixto, lo cual requiere definir condiciones de frontera tanto aguas arriba como aguas abajo (entrada y salida), de la canalización.

En consideración a la información disponible para elaborar el modelo de análisis hidráulico, la condición de frontera más adecuada corresponde a la de profundidad normal, representada por la pendiente de fricción. Teniendo en cuenta que el análisis hidráulico se plantea para condición de flujo mixto, procedimentalmente se

---

<sup>2</sup> Mays, Larry W., Water Resources Engineering., John Wiley & Sons, Inc., USA 2005.

<sup>3</sup> V. T. Chow. "Hidráulica de Canales Abiertos", pág. 109 -110

determina la pendiente media de la canalización y se establece como condición de frontera tanto aguas arriba como aguas abajo. Seguido se realiza la evaluación hidráulica y mediante un proceso iterativo se ajustan las condiciones de frontera, de tal forma que las variables hidráulicas adopten valores razonables para las condiciones específicas del tramo de corriente objeto de análisis.

El modelo Iber permite el análisis 2D a partir de la selección de los parámetros iniciales en este caso se establece un periodo de simulación de 8000 segundos e intervalos de resultados de 100 segundos

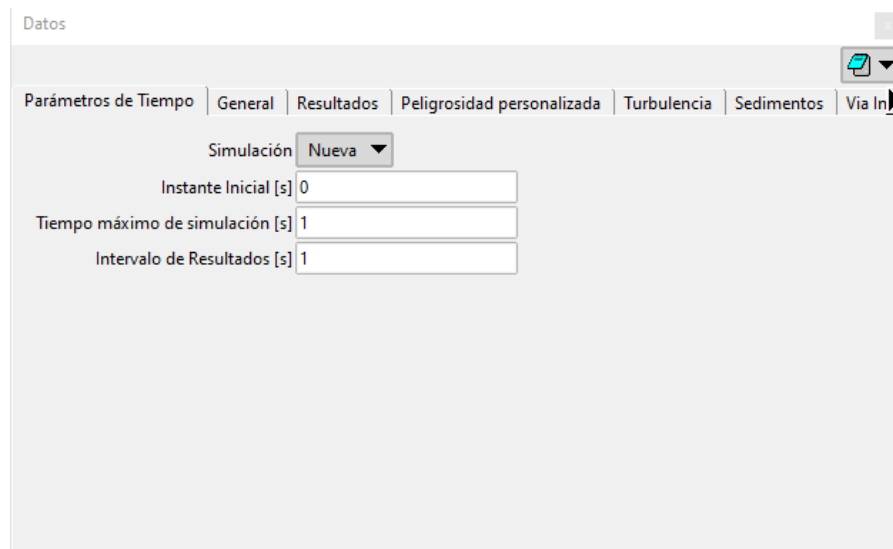


Ilustración 51 Datos Iniciales- tiempo de simulación e intervalo de resultados  
Fuente: Iber 2.6

### 10.3.3 PARÁMETROS GENERALES DE ENTRADA

En la opción general s establecen el esquema numérico, el número de procesadores en función de la capacidad del equipo computacional



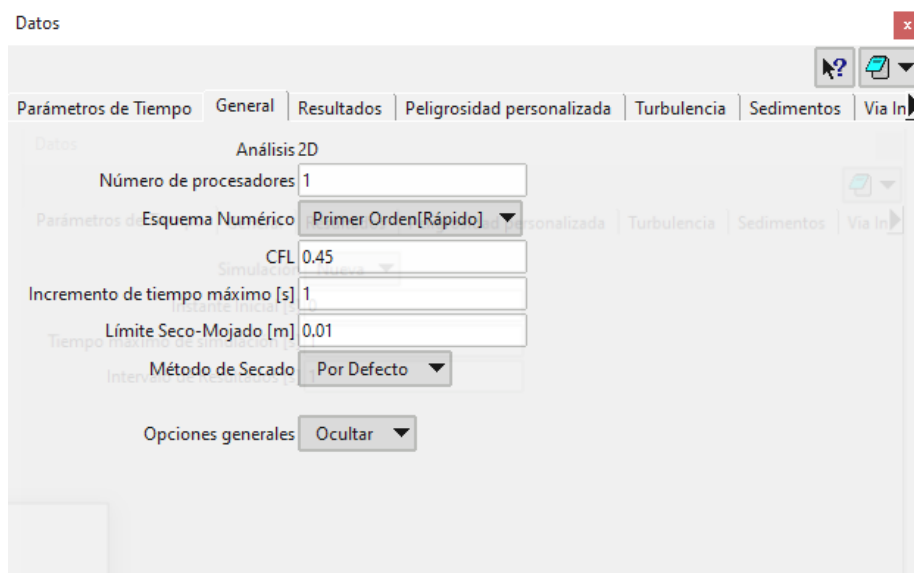


Ilustración 52 Parámetros generales- asignación de numero de procesadores  
Fuente: Iber 2.6

#### 10.3.4 PARÁMETROS DE SALIDA

En la opción resultados podemos escoger el tipo de parámetros que se podrán visualizar y una opción única de peligrosidad, que permite clasificar las zonas de menor a mayor riesgo

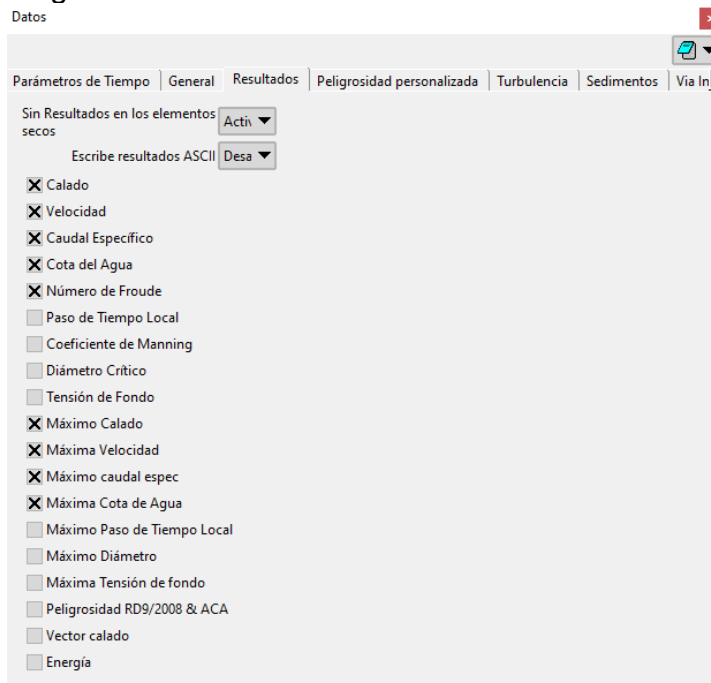


Ilustración 53 Parámetros de salida para la simulación  
Fuente: Iber 6.0



### 10.3.5 CONDICIONES DE FRONTERA- ENTRADA

Para dar inicio a la modelación se establecen las condiciones de entrada, dibujando la línea de contorno aguas arriba y asignándole el hidrograma para Tr 100 años

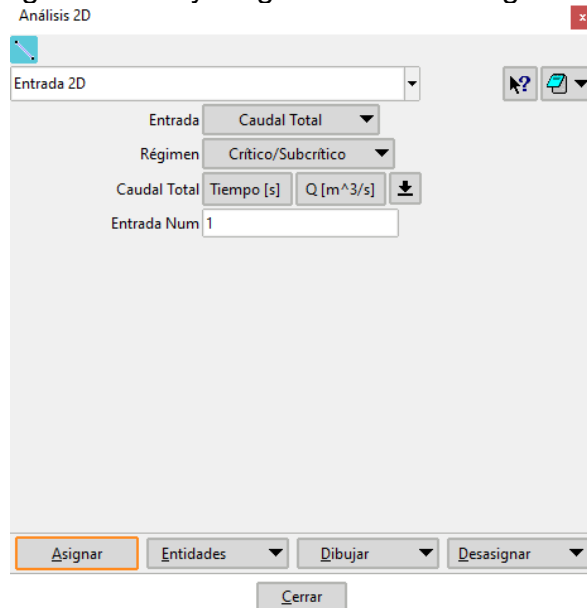


Ilustración 54 Condiciones de frontera- entrada

Fuente: Ras Iber 2.6

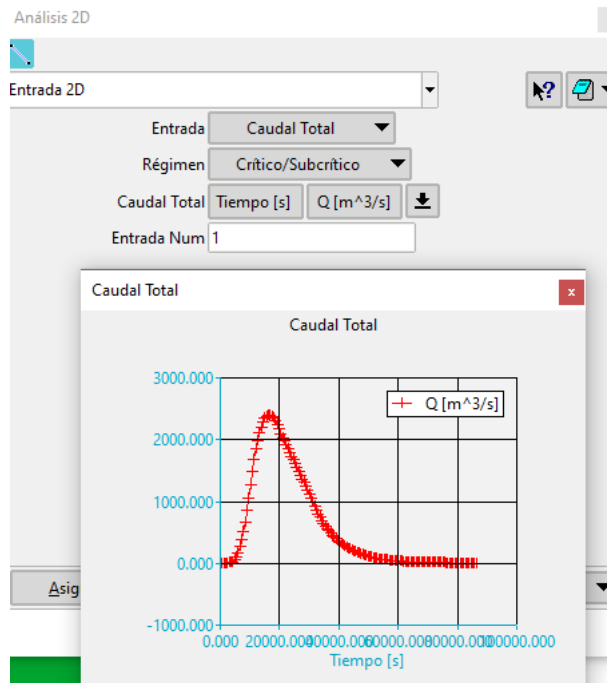


Ilustración 55 Condiciones de frontera- hidrograma

Fuente: Iber 2.6

### 10.3.6 CONDICIONES DE FRONTERA SALIDA

Al igual que la condición de entrada se debe definir la condición aguas abajo. Las condiciones de flujo se determinan con un análisis más detallado, para este caso se simulará con una condición supercrítico/crítico que viene por defecto

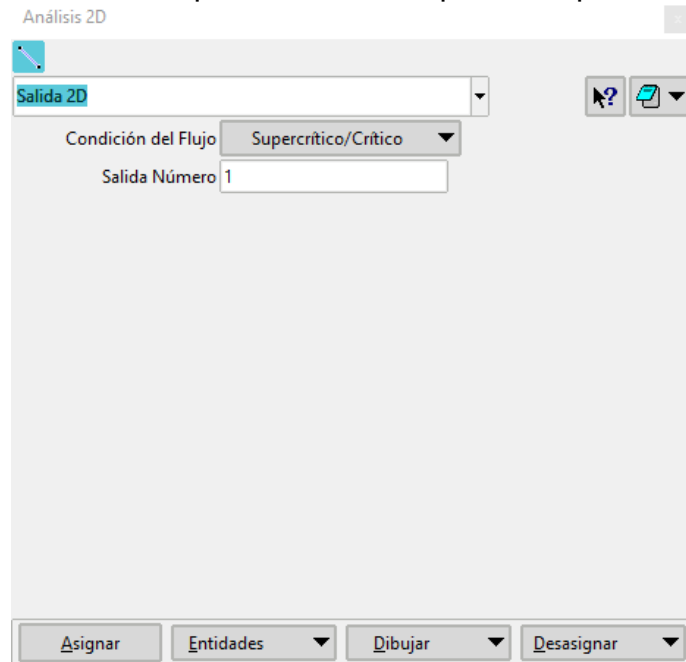


Ilustración 56 Condiciones de frontera- salida

Fuente: Iber 2.6

### 10.3.7 ASIGNACIÓN DE COEFICIENTES DE MANNING

La asignación de los coeficientes de rugosidad de mannig se pueden realizar de manera manual o por medio de una asignación automática, ingresando un archivo ASCII del ráster creado de las capas de rugosidad de la herramienta Polygon to Raster y Raster to ASCII del Arc Tool Box- Arc Map 10.3

Para ingresar rugosidades que no se encuentran por defecto se debe ingresar manualmente para ser identificadas en la asignación automática

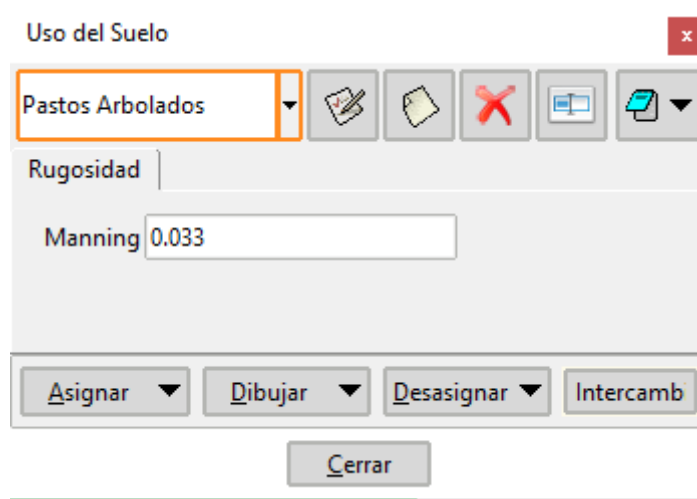


Ilustración 57 Coeficiente de rugosidad de Manning  
Fuente: Iber 2.6

## CALIBRACIÓN DE MODELOS

Entendiéndose la calibración como el proceso de comparar los resultados obtenidos en el modelo con respecto a mediciones en campo, sobre el prototipo, y de ser necesario la realización de ajuste de parámetros para lograr la mejor representación posible del fenómeno analizado, en el presente caso debido a la carencia de información de contraste no es posible realizar estrictamente dicho proceso. Sin embargo, si es factible realizar un proceso de “afinamiento” de los modelos hidráulicos, mediante la ponderación de los resultados de las variables profundidad de flujo, la velocidad media del flujo y en número de Froude, lo cual, permite establecer criterios para ajustar los coeficientes de rugosidad y las condiciones de frontera, principalmente la de aguas abajo.

### 10.3.8 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de Iber muestran que la zona del centro urbano no se verá afectada por la inundación sin embargo la zona aguas abajo, cercana al cauce se puede ver afectada.

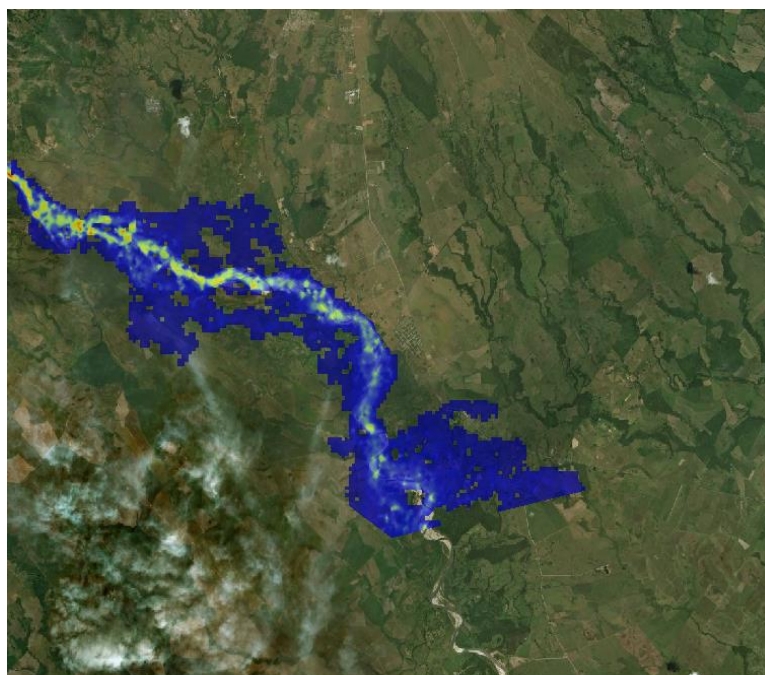


Ilustración 58 Resultados Iber  
Fuente: Iber 2.6

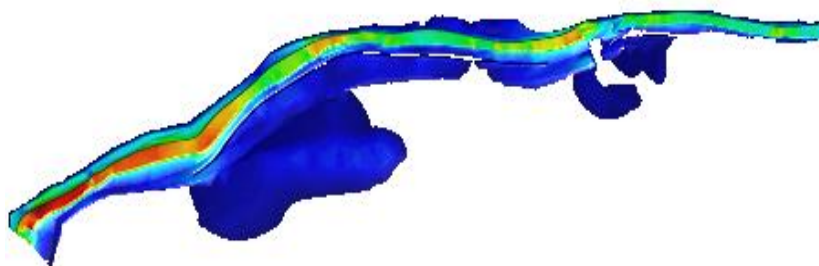
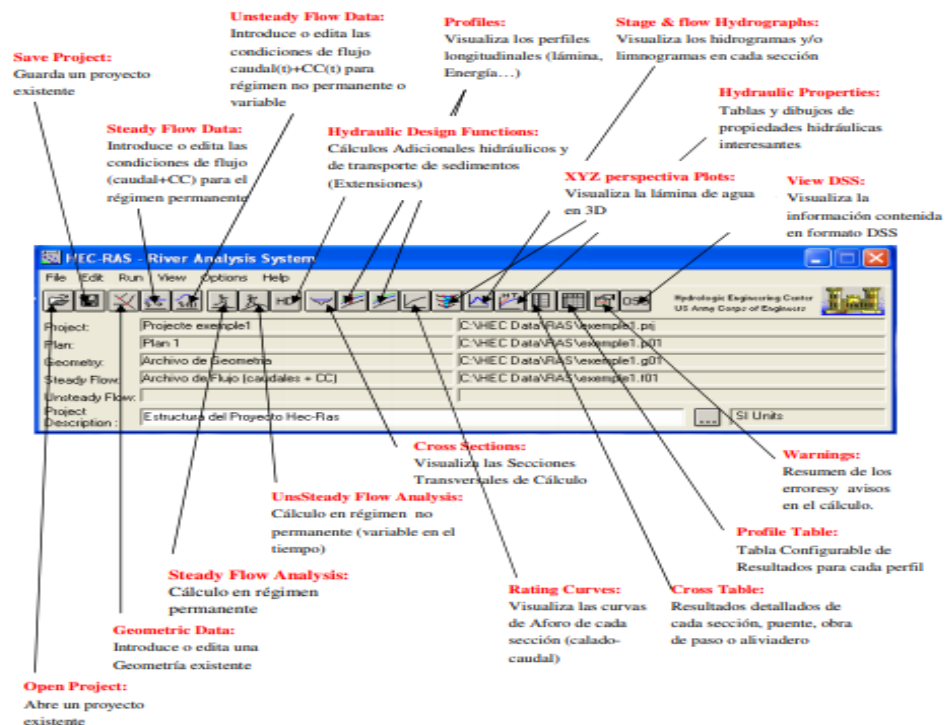


Ilustración 59 Resultados Iber 2.6  
Fuente: Iber 2.6

## 11 ANÁLISIS COMPARATIVO

### 11.1 Presentación

HEC-RAS, modelo de dominio público desarrollado del Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers), surge como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que destaca la interfase gráfica de usuario que facilita las labores de preproceso y postproceso, así como la posibilidad de intercambio de datos con el sistema de información geográfica ArcGIS mediante HEC-GeoRAS.



*Ilustración 60 Ventana Principal*

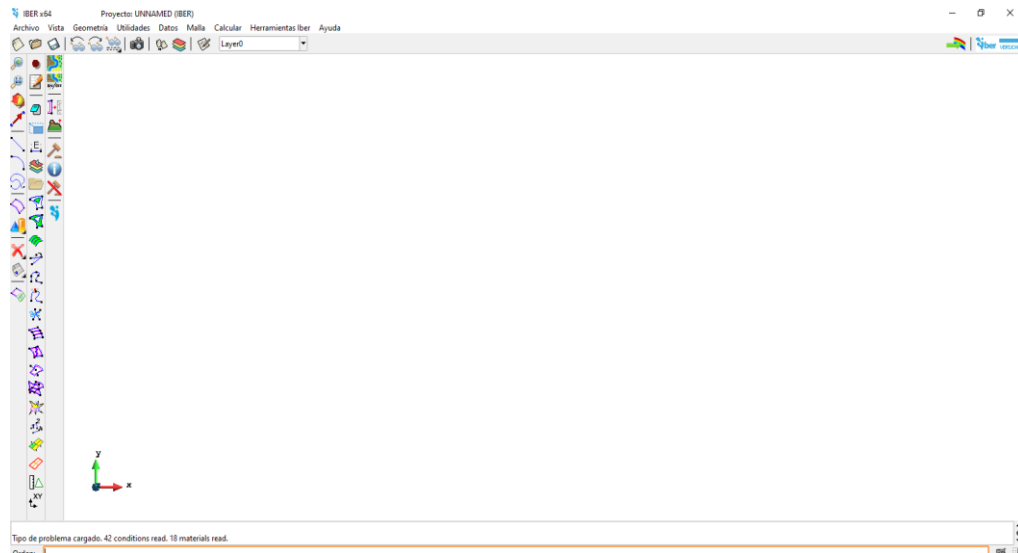
Fuente: Hec Ras 6.0

Este programa permite realizar análisis del flujo en régimen permanente, no permanente, transporte de sedimentos y análisis de calidad de aguas. Permite además la modelación unidimensional y bidimensional en la versión 6.0 Beta

La ventana de inicio es sencilla, conformada por una sección de ingreso de datos, construcción de geometría, una sección de simulación donde se ingresan los parámetros para el análisis, una sección de visualización de los resultados desde secciones, perfiles, graficas, tablas de resultados asi como la herramienta Ras

Mapper que permite la visualización y el ingreso y procesamiento de datos, la herramienta de visualización 3D incorporada en la versión 6.0

En la parte inferior se describe los componentes del modelo evaluado, desde el nombre del proyecto y ubicación hasta la descripción



*Ilustración 61 Ventana Principal Iber*  
Fuente: Iber 2.6

Iber es un modelo matemático bidimensional, que incluye un módulo hidrodinámico para la simulación de flujos de ríos, canales, permitiendo así el cálculo de avenidas e inundaciones y la delimitación de zonas inundables.



*Ilustración 62 Resultados Hec Ras ( Perfil terreno- WSE)*  
Fuente: Ras Mapper-Hec Ras 6.0.

El programa está compuesto por dos etapas, la primera es el pre-proceso, planteando el modelo digital de elevación del terreno en formato ASCII, mostrando la geometría que puede ser creada o importada desde distintas herramientas (MDT, RTIN, CELL SUP, TIN generada desde un SIG), se indica las condiciones de contorno, asignando el caudal específico o el caudal total, en función de flujo subcrítico, crítico y súper crítico. Además, generación de malla bidimensionales estructurada o no estructurada de triángulos o de cuadriláteros (fundamental para conseguir buenos resultados), coeficiente de Manning, entre otros parámetros para

la obtención de los resultados para la ejecución del cálculo. En el postproceso se encuentra la finalización de los cálculos y la visualización de los resultados, obtención de tablas y gráficas, para finalizar se puede exportar los resultados y se realiza el análisis de los mismos

La plataforma de IBER es más estética, en cuanto a la visualización e iconos. la plataforma cuenta con herramientas para la importación de geometrías, modelos de terreno, creación y edición de mallas, importación de formatos tipo shapes entre otros

## 11.2 Ecuaciones

Hec Ras:

Basado en la solución unidimensional de la ecuación de energía

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (\text{Ec.1}) \quad h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (\text{Ec.2})$$

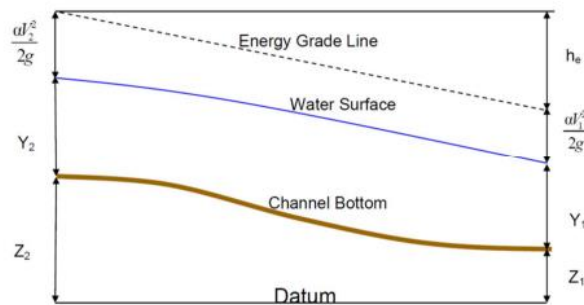


Ilustración 63 Ecuaciones Hec Ras

Fuente: Hec Ras 6

Pérdida de energía por fricción → Ecuación de Manning

$$I = \frac{n^2 \cdot Q^2}{A^{10/3} P^{4/3}}$$

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<b>A. Natural Streams</b>			
<b>1. Main Channels</b>			
a. Clean, straight, full, no rills or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more inflexible slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Stagnant reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of reeds and brush	0.070	0.100	0.150
<b>2. Flood Plains</b>			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, osage, straight	0.110	0.150	0.200

## Ilustración 64 Ecuación y coeficientes de Manning

Fuente: Hec Ras 6

Iber

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento:

Equations (2D-SWE) o St. Venant bidimensionales” (Iber, 2014a). Estas ecuaciones permiten identificar la distribución uniforme en relación con la velocidad y la profundidad. Lo anterior siendo analizado desde en la plataforma Iber 2D. Tras la modelación realizada para el municipio de Nechí (Antioquia), se determinó la siguiente información que fue tomada en cuenta para el desarrollo del modelo. El programa permite realizar un modelo bidimensional 2D en lamina libre de aguas poco profundas, calculando los niveles de agua analizando inundación velocidades en rios, canales, obras hidraulicas, entre otras. Para resolver los modelos hidrodinámicos, se plantea las ecuaciones de Saint Venant 2D, que son deducidas por dos leyes fisicas: (i) de conservación de masa y (ii) la cantidad de movimiento. Estas leyes fisicas se reducen a la expresión matematica de la ecuación de Navier – Stokes que gobiernan el movimiento del fluido en tres dimensiones. Ocurre que cuando se deduce las ecuaciones de Saint Venant 2D a partir de las de Navier Stokes, se realiza un promedio donde se obtiene las ecuaciones de Reynolds y tambien un promedio en la profundidad para pasar de ecuaciones tridimensionales a bidimensionales. A continuación se muestra las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} &= 0 \\
 \frac{\partial}{\partial t} (h U_x) + \frac{\partial}{\partial x} \left( h U_x^2 + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} (h U_x U_y) \\
 &= -gh \frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right) \\
 \frac{\partial}{\partial t} (h U_y) + \frac{\partial}{\partial x} (h U_x U_y) + \frac{\partial}{\partial y} \left( h U_y^2 + g \frac{h^2}{2} \right) \\
 &= -gh \frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right)
 \end{aligned}$$



Donde:

$h$ : profundidad de la lamina de agua

$q_x$ : caudal específico en dirección X

$q_y$ : caudal específico en dirección Y

$z_b$ : cota del fondo

$g$ : gravedad

$\rho$ : densidad del agua

$\tau_{b,x}$ : componente en x de la tensión tangencial que ejerce el fondo

### 11.3 Entrada de Datos

Tanto Hec Ras como Iber tiene similitudes para el ingreso de datos, para este caso determinación de amenaza por inundación se crea la malla 2D, se ingresan las rugosidades, las condiciones de frontera o contorno y se establecen las condiciones de simulación.

La diferencia más representativa es el estilo y los colores.

### 11.4 Simulación

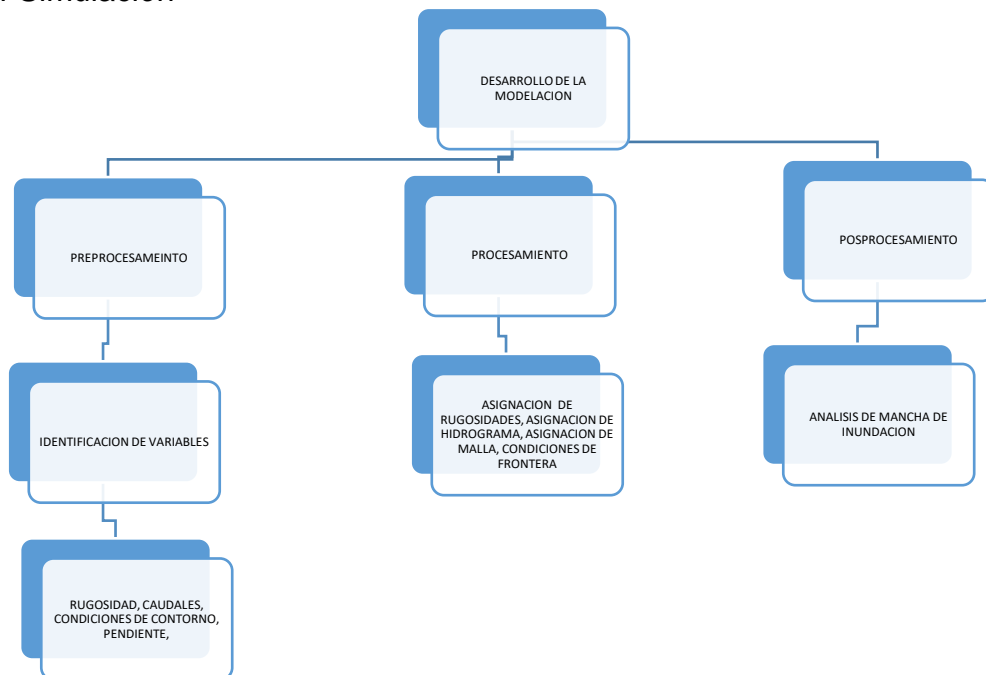


Ilustración 65 Variables de Simulación Hec Ras

Fuente: Autor

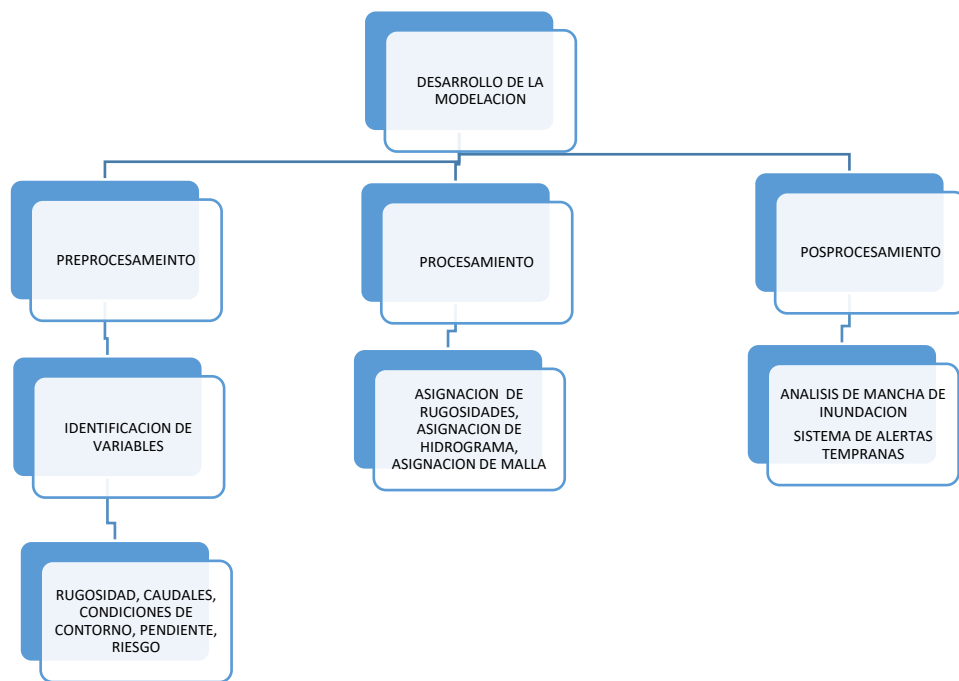


Ilustración 66 Variables de Simulación IBER  
Fuente: Autor

### 11.5 Visualización

Hec Ras: El modulo de Ras Mapper permite la visualización de los resultados, permitiendo la creación de perfiles, ajustar la visualización de capas y rangos y realizar el recorrido del hidrograma

Iber: Es mas detallado en la opción de visualización, permite múltiples opciones para los colores, animación, ajuste de líneas y capas

### 11.6 Ventajas

#### Hec Ras

Es un modelo unidimensional en energías permite el cálculo en dominios con escalas muy grandes, de modo que la simulación de kms de río se realiza con una velocidad de cálculo enorme (orden de segundos). Por tanto, la capacidad de repetición y corrección de un cálculo es muy alta.

- El uso de la ecuación de la energía para el balance entre secciones, dada la incertidumbre existente en la estimación de las pérdidas de carga (resistencia al flujo), es un método bastante aproximado en problemas de gran escala (fluviales). La simplificación del flujo turbulento tridimensional a un flujo unidimensional es relativamente aceptable para grandes escalas (ríos y barrancos) con precisiones poco exigentes.

- Gran libertad geométrica: Permite el análisis con secciones naturales no regulares (secciones fluviales: cauce principal y llanuras de inundación). Es una gran ventaja sobre otro tipo de modelos hidráulicos existentes (y mucho más rígidos).

- Facilidad de creación, modificación y edición de geometrías (entorno visual muy cómodo y rápido) e introducción de datos de rugosidad y estructuras transversales (puentes, obras de paso, aliviaderos). Gran comodidad de visualización de resultados y edición de figuras.

Gran capacidad de importación y exportación de datos en entorno Windows (comunicación con Excel, Word, Autocad) para el post-proceso de resultados y presentación.

- Las nuevas tecnologías SIG (Sistemas de Información Geográfica), tipo Arc-View, permiten el proceso de grandes cartografías para generar la geometría del cauce con gran precisión, en formatos importables Hec-Ras (.geo). Asimismo, existen extensiones para el Post-proceso de láminas de inundación y mallas ("grids") de inundación y velocidad.

- Uso extendido en todo el mundo y gran experiencia de uso. Hec-Ras es un modelo bien contrastado, herencia directa (y mejorada) del antiguo HEC-2 (1984) en MSDOS. • ES GRATIS !!!!!!!(sin licencia).

## Iber

Un modelo bidimensional ofrece grandes ventajas respecto a los cálculos con modelos unidimensionales, ya sean en régimen variable o en régimen permanente, dando una mayor estabilidad y convergencia que los anteriores. Además de esto, los modelos bidimensionales son capaces de simular con mayor ajuste a la realidad todas aquellas situaciones en que el flujo no es exclusivamente unidireccional, ampliándose por tanto enormemente su campo de utilización.

### 11.7 Desventajas

Hec-Ras no es un modelo turbulento. La ecuación de la energía supone siempre distribuciones hidrostáticas de presiones y la ecuación de fricción permanente de Manning. Por tanto, la solución es una pura simplificación, y no se ajusta a la

realidad en casos donde las presiones y las tensiones turbulentas se alejan del modelo lineal.

- Hec-Ras no es un modelo 3D (x,y,z) ni 2D (x,y) , sino que es un modelo 1D (x), de modo que la solución siempre es una aproximación o promedio de la real. Un ejemplo tan importante como la extensión del flujo por las llanuras de inundación para grandes avenidas es un fenómeno que Hec-Ras no puede evaluar, en principio. La posibilidad de dividir la sección en subsecciones lo convierte en un modelo quasi 2D muy debil pues no tiene en cuenta la transferencia lateral de momentum del flujo. La distribución lateral de velocidades no es correcta. En consecuencia, la solución de flujo en curvas (método de los Flowpaths) es tremendamente aproximada.

- Sólo se pueden modelar ríos y barrancos con pendientes menores de  $10^\circ$  ( $\alpha < 10^\circ$ , So

Ni Saltos ni los obstáculos son reproducidos correctamente (Hec-Ras no realiza balance de fuerzas). Existen métodos para simular o reproducir dichos efectos, pero son altamente arbitrarios y dependen mucho del tipo de flujo.

- El resultado viene altamente condicionado por las consideraciones geométricas adoptadas (Trazado de secciones, Areas Inefectivas, Leeves, Pérdidas de estrechamiento y expansión, etc...). Por tanto, el resultado sigue siendo bastante “manual” (bajo criterio del calculista)

- Problemas en la elección del calado crítico. Dificultad para hallar el calado crítico en secciones naturales complejas que contienen varios calados críticos (terrazas fluviales). Por defecto el programa escoge el de calado más bajo.

- Siempre ofrece por defecto una solución, es decir, Hec-ras no se cuelga nunca. En consecuencia, se debe ser crítico con el resultado numérico.

Limitación en la convergencia de la energía a 40 iteraciones en cada sección de cálculo. Por defecto adopta el valor de calado de menor error.

Iber

El tiempo computacional es mayor entre más detallada sea la malla

Tiene problemas en el procesamiento, si la capacidad del equipo computacional no es suficiente se cierra y se pierden los datos que no fueron grabados

## 12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se elaboraron las curvas de intensidad, frecuencia y duración, para un período de retorno de 100 años, el cual es el acorde según las diversas entidades o normas colombianas para obras de ríos, basadas en la metodología de la obtención de curvas de intensidad, frecuencia y duración sintéticas, en el Manual de Drenajes para Carreteras del Ministerio de Transporte, se establece la ecuación generalizada para Colombia junto con los datos y parámetros de la regresión para la correcta aplicación de ésta.

El modelo lluvia escorrentía elaborado en el presente estudio obedece al propuesto por el Soil Conservation Service SCS, denominado curva número, en donde los parámetros de tipo de suelo, valores de curva número para distintas coberturas y usos de suelo para Colombia fueron obtenidos en el Manual de Drenajes para Carreteras del Ministerio de Transporte. Para el desarrollo y aplicación del método se utilizó el software ArcMap, el cual permitió cruzar mapas de tipo de suelo y de coberturas, generándose así el valor de curva número ponderado para una condición de humedad normal denominada AMC II.

Los modelos bidimensionales demandan mayor tiempo en la preparación del esquema representativo del río, específicamente en la generación del modelo digital de elevación y la posterior malla de cálculo, en contraste con el modelo unidimensional en la que la geometría del río se representa a través de secciones transversales.

Se pudo observar que el comportamiento en ambas modelaciones presentó gran similitud en cuanto al perfil del flujo en su condición de caudal máximo como en el régimen del flujo.

El comportamiento hidráulico del cauce y apreciable en las manchas de inundación obtenidas en cada uno del software empleado, se evidenció que no existe ningún tipo de peligro de desbordamiento a lo largo de todo su recorrido.

Considerando lo expuesto anteriormente, se concluye que, para ríos con geometría simple, el software unidimensional Hec-RAS se presenta como la mejor alternativa de uso debido a la facilidad en la introducción de datos y proporciona resultados confiables en un menor tiempo. El paquete IBER por ser bidimensional, representa una mejor opción para modelaciones de ríos con geometrías de mayor irregularidad, cuando se tiene especial interés en el comportamiento hidráulico del flujo a través de estribos y pilas, y cuando se tienen puentes.

Basados en los resultados de las simulaciones en el software Hec Ras e Iber y la información descrita en el Pot de Yopal- Casanare, el corregimiento de morichal en el centro urbano está expuesto a amenazas por inundación, sin embargo en la zona contigua a la ronda hídrica si se presenta zona de inundación que afecta los predios rurales, cultivos y animales de granja tal y como visualiza en los reportes de los periódicos regionales, para esto se recomienda incluir obras de protección como diques y enrocados en la margen izquierda del cauce . El análisis y resultados de este proyecto son del tipo académicos y se requiere de un estudio más detallado.

En general la modelación bidimensional de los softwares Hec Ras e Iber, es similar desde la creación de la malla, asignación de rugosidades, condiciones de frontera, asignación de caudales, las diferencias representativas se identifican en la plataforma, las opciones de simulación, el tiempo computacional requerido.

Para eventos de amenaza por inundación que requiera el uso de la modelación bidimensional se recomienda el uso de Hec Ras, debido al bajo coste computacional, la visualización de lo resultados, la organización de los elementos, la información de errores disponible, la actualización constante,

## 13 BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo Municipal de Yopal No. 008 de 2020 - Plan de Desarrollo Municipal Yopal Ciudad Segura 2020-2023. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <http://www.concejo-yopal-casanare.gov.co/acuerdos-2019/acuerdo-municipal-de-yopal-no-008-de-2020-plan-de-desarrollo>

Aguacero causó inundaciones en Morichal. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <https://prensalibrecasanare.com/yopal/37068-aguacero-causu-inundaciones-en-morichal.html>

Amaya Cardona, M. A. (2017). Manual para el cálculo de amenazas por inundación: ERN-inundación y complementarios a partir de un ejemplo de aplicación. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia

Avendaño Cipagauta, A. Z. & Cadena Melo, Y. K. (2014). Uso de Sistemas de Información Geográfica en la determinación de amenazas por inundación en el municipio de Chía. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia

Caicedo Páez, Y. (2017). Modelación hidrodinámica para la determinación de alertas tempranas por inundación en la ecoregión de la Mojana - Nechí, Antioquia. Retrieved 4 December 2020, from <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15032>. Retrieved 4 December 2020, from <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15032>

CASTRO, John Jairo Quintero. 2013. Diagnóstico de la gestión integral del riesgo por inundaciones y avenidas torrenciales en ríos urbanos del departamento de Caldas. Manizales : Universidad Católica de Manizales, 2013.

Caracterización y Procedimientos. (2020). Retrieved 4 December 2020, from <http://www1.eaaay.gov.co/index.php/meci-sgc/procedimiento/9-plantas-de-tratamiento/sedes-eaay>

(Colombia), C. (2012). Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres. Casanare (Colombia). Retrieved 14 November 2020, from <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/444>

Elaboración del instrumento de carácter técnico ambiental que evidencie los diferentes procedimientos y técnicas necesarias para un desarrollo apropiado para la extracción de materiales de arrastre a partir del trabajo conjunto con las autoridades ambientales (Corporaciones Autónomas Regionales), el cual debe

constituirse en una herramienta de consulta y orientación conceptual y metodológica para mejorar la gestión, manejo y desempeño minero ambiental; con base en el análisis realizado sobre seis (6) ríos tipo. (2015). Sogamoso (Colombia) :. Retrieved From <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/974?mode=full>

Estos son los estragos que dejaron las lluvias – Violeta Stereo Casanare. (2020). Retrieved 4 December 2020, from <https://www.violetastereo.com/wp/estos-son-los-estragos-que-dejaron-las-lluvias/>

EUSCÁTEGUI, Christian y HURTADO, Gonzalo. 2012. Análisis del impacto del fenómeno "La Niña" 2010-2011 en la Hidroclimatología del país. Bogotá D.C. : IDEAM, Ministerio de Ambiente, 2012.

Espitia Cuadros, J. A. & Páez Bravo, N. E. (2014). Diseño de una herramienta para la atención y prevención del riesgo por inundación en el municipio de San Marcos en el departamento de Sucre. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia

Familias afectadas por inundación del Río Pauto y un vendaval - Noticias de casanare | La voz de Yopal . (2020). Retrieved 4 December 2020, from <https://www.lavozdeyopal.co/familias-afectadas-por-inundacion-del-rio-pauto-y-un-vendaval/>

FAO. (1990). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas . Roma: Organización de Naciones Unidas para la agricultura y alimentos.

Figueroa Silva, K. D. & Velásquez Herrera, S. Y. (2019). Estudio de amenaza por inundación en la cabecera municipal del municipio de Garzón-Huila, mediante el software Hec-ras en 2d para Tr 10, 20 y 100 años. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Civil. Especialización en Recursos Hídricos. Bogotá, Colombia. Retrieved 4 December 2020, from <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24086>

Fonseca Arias, K. (2018). Zonificación de la amenaza y vulnerabilidad por inundación, mediante modelamiento espacial en el sector isla la Manga municipio de Yopal, Casanare. Retrieved 4 December 2020, from <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14685>

Fuentes Fontecha, L. C. (2019). Estudio de crecientes y cálculo de niveles máximos en la quebrada Casirba en el cruce sobre la vía la cabuya-sácama en el Departamento del Casanare. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Civil. Especialización en Recursos Hídricos. Bogotá, Colombia

GÓMEZ, E., & CASTILLO, H. (2005). Aplicación del modelo computacional HEC-



HMS en la estimación de caudales máximos en la cuenca del río frío Cundinamarca. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Gutiérrez Reynaga, M. (2018). Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional y bidimensional en el análisis de inundaciones en el río Virú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3270>

Hernández-Uribe, R. E., Barrios-Piña, H., & Ramírez, A.,I. (2017). Análisis de riesgo por inundación: Metodología y aplicación a la cuenca Atemajac/Flood risk analysis: Methodology and application to the atemajac basin. Tecnología y Ciencias Del Agua, 8(3), 5-26. Retrieved from <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/scholarly-journals/análisis-de-riesgo-por-inundación-metodología-y/docview/1905665736/se-2?accountid=45660>

IDEAM - IDEAM. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <http://www.ideam.gov.co/>

IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010

IDEAM, 2018. PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA, 59 páginas. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-5489-09-7

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <https://www.igac.gov.co/>

Jácome Hernández, L. D., & Muñoz Quintero, R. A. (2018). Evaluación de amenaza por inundación del Río Unete en el casco urbano del municipio de Aguazul – Casanare. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/326](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/326)

Manual de drenaje para carreteras, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías 2009.

Mora Mariño, W., & Ochoa Guerrero, R. (2016). Modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas HEC-RAS, GEO-RAS y ARCGIS, para el sector comprendido entre los municipios de Corrales - Paz del Río a lo largo del Río Chicamocha, en el departamento de Boyacá. Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia. Retrieved from <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1677>

NANÍA, L. S. (2007). Manual Básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC-GeoHMS 1.1. Granada: Universidad de Granada.

Ossa Doria, M., & González Campo, M. (2011). Metodología para estimar hidrogramas de crecientes a partir de modelos lluvia-escurrentía empleando HYFRAN y HEC-HMS : caso de estudio: cuenca del Arroyo Matute, localizado en el Departamento de Bolívar (Colombia). Retrieved 14 November 2020, from <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2462>

POMCA Cravo sur. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <http://www.corpoboyaca.gov.co/ventanilla/pomca-cravo-sur/>

Reporte Sobre la Cuenca del río Charte | Anla. (2020). Retrieved 4 December 2020, from <http://portal.anla.gov.co/reporte-sobre-Cuenca-del-rio-charte>

REYES TRUJILLO, A., ULISES BARROSO, F., & CARVAJAL ESCOBAR, Y. (2010). Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas. Cali: Universidad del Valle.

Río Charte afectó a por lo menos 13 familias en el Corregimiento de Morichal. (2016). Retrieved 4 December 2020, from <https://prensalibrecasanare.com/yopal/22452-rno-charte-afectu-a-por-lo-menos-13-familias-en-el-corregimiento-de-morichal.html>

Río Charte causó inundaciones en la vereda La Consigna. (2020). Retrieved 4 December 2020, from <https://prensalibrecasanare.com/yopal/39561-rno-charte-causu-inundaciones-en-la-vereda-la-consigna.html>

ROBAYO MEJÍA, L. (2014). ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN PARA LA LOCALIDAD DE TUNJUELITO, DESARROLLADO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA [E-book]. 56 páginas. Bogotá.

ROJO Hernández, J. D. (s.f.). Morfometría de cuencas. Antioquia: Recursos hidráulicos

Rus Ortega, A. (2015). Estudio de inundabilidad de los cauces del T.M de Cuevas Bajas (Málaga). Comparación de los resultados con los programas HEC-RAS e Iber. Retrieved 4 December 2020, from <https://idus.us.es/handle/11441/27161>

SGC. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <https://www.sgc.gov.co/>

Sistema de información ambiental de Colombia SIAC [www.siac.gov.co](http://www.siac.gov.co)

Sistema de Información del recurso Hídrico (SIRH), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible IDEAM 2018  
[http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/faces/oferta/detalle\\_estacion.jspx](http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/faces/oferta/detalle_estacion.jspx)

User, S. (2020). Normativa Recurso hídrico | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved 14 November 2020, from

Vergara Ibacache, V. (2016). Análisis comparativo de áreas de inundación mediante diferentes modelos digitales de terreno. Retrieved 14 November 2020, from <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2277>

## 14 ANEXOS

## ANEXO A: REGISTROS ESTACIONES

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

ESTACION : 35195050 CORINTO

LATITUD 524 N TIPO EST C  
LONGITUD 7243 W ENTIDAD 1 IDEAM  
ELEVACION 1550 m.s.n.m. REGIONAL 6 BOYAC-CASANA

DEPTO BOYACA  
MUNICIPIO PAJARITO  
CORRIENTE CUSIANA

FECHA-INSTALACION  
FECHA DE SUSPENCIÓN  
1984-JUN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1984	2	1											283.3	3	515.2		434.2		484.2		142.6		214.6		41.6		2115.7	3
1985	2	1	45	8	66.4	8	107.6	8	257.2	8	256.7	8	322.1	8	385.5	8	326.4	8	387.6	8	295.1	8	210.8	8	37.1	8	2697.5	
1986	2	1											209.8	3	253.7		362.5		362.5		405.3		224.9		50.7		1506.9	3
1987	2	1	68.5		108.9		187.2		390.3		321.7		533.7		483		448.5		332.7		320		129.4		26.3		3350.2	
1988	1	1	1.5		31.3		11.3		161.4		113.3		249.7		413		219.9		434		381.1		345.6		21.2		2383.3	
1989	1	1	52.1		66.4		129.1		132.8		427.5		181.5		186.5		254.2		410.5		330.3		120.3		0		2291.2	
1990	1	1	34.9		49.8		*		404.8		287.7		285.4		249.7		101.1		230.7		220.4		175.7		53.4		2093.6	3
1991	2	1	16.1		62.2		96.9		178.3		251.9		262.4		256.4		315.8		348.7		372.3		266.6		39.5		2467.1	
1992	1	1	*		*		*		268.9		321.8		397		526.3		370.7		344.4		266		195.9		45.6		2736.6	3
1993	2	1	105.1		35.5		166.7		296.7		425.1		449.3		534.5		332.5		434.5		320.9		284		38.3		3423.1	
1994	2	1	54.7		51.1		168.2		261.7		434.8		415.2		493.1		496.2		337.9		360.2		203.2		64.7		3341	
1995	2	1	35.2		53		167.7		265.8		429.1		528.3		396.5		244.5		352	3	286		168.4		125.3		3051.8	3
1996	2	1	56.9		71.6		115.3		180		301.3		421.2		423.7		308.7		453.4		322		302		85.3		3041.4	
1997	2	1	52.5		108.8		65.4		230.7		409.4		306.6		526.3		363.6		306.6		199.1		178.9		36		2783.9	
1998	1	1					283.5		421.7		679.8		632.1		592.8		344.3		286.1		188.8		182.6		212.4		3824.1	3
1999	1	1	76.4		97.3		163.7		425.3		314.8		320.2		411.9		294.6		327.9		372		306.6		69.9		3180.6	
2000	1	1	45.8		56.1		119.8		154.2		361.1		341.3		356.6		369.8		332.9		330.4		216.5		86.2		2770.7	
2001	1	1	1.5		14.1		118.7		80.9		406.5		499		343.7		464.7		439		388.4		413		231.8		3401.3	
2002	1	1	35.4		28.8		192.7		203.8		313.2		556.3		335.9		424.8		428.5		178.2		169.6		65.5		2932.7	
2003	1	1	2.5		19.4		151.5		291.9		408.1		479.3				435.2		296.6		338.3		354.5		132.5		2909.8	3
2004	1	1	55.3		109.7		79.1		294.5		668.6		324.8		411.8		482.7		405.4				267.5		71		3170.4	3
2005	1	1	51.4		145.3		22.2		374.2				351.9		303.8		426.5		413.7		572.7		286		45.3		2993	3
2006	1	1	106.1		13.6		150		200.4		410.9		529.9		353.1		391.2		243.5		422		312.4		24.5		3157.6	
2007	1	1	37.4		27		249.3		206.9		411.4		335.1		210.3		518.6		258.9		435.3		230.8		87.9		3008.9	
2008	1	1	65.9		44.2		32.7		214.7		451.5		444				401.9		270.3		389.5		265.8		37.7		2618.2	3
2009	1	1	150.6		24.5		88.2		144.5		324.4		498	3	232	3	429.2	3	211.5		424.9		262.3		61.8		2851.9	3
2010	1	1	1		37.5		239.1	3	485.9		581.6		309.5		657.5		252.1	3	244.6		289.2		362		146.9		3606.9	3
2011	1	1	12.8		100.5		115		401		603.5		357.3		288.4		365.6		455.6		441.4		416.4		145.3		3702.8	
2012	1	1	32.1		64.6		317.3		366.7		331.2		473		522.9		491.3		319.2		303.2		234.6		108.8		3564.9	
2013	1	1	11.7		63.1		108.4		199		243.1		342.2		442.9		412.6		259.3		315.6		299.4		72		2769.3	
2014	1	1	37.1		65.4		65.1		204.6		258.1		344.2		236.2		494.4		443.4		289.1		203.6		124.1		2765.3	
2015	1	1	48.3		86.8		106		280.7		212.5		499.2		466		388.1		287.6		314.6		336.1		79.3		3105.2	
2016	1	1	20.6		98.9		133.1	3	547.7		480.3		349		485.8		329.4		346.2								2791	3
2017	1	1	60		72.4		178.9		228.5		483.5		443.2		472.3		397		304.9		232.2		196.4		87.4		3156.7	
2018	1	1	65.3		32.3		133.3		391.4		353.9		489.6		531.4		390.6		314.1		448.8		176.7		20.5		3347.9	
2019	1	1	54.8		23.2		82.2		215.3		506.4		377		253.7		570.1		232.3		385.2		272.7		67.2		3040.1	
2020	1	1	45		16		146.1		162.7		188.7		282.7		367.2		291.5		341.2		323.7		469.7		89.7		2724.2	
MEDIO	S		46.65152		58.96061		136.1		272.1457		381.5706		394.8472		396.4486		373.9514		342.7676		331.5657		257.0972		75.90833333		3068.0	
MAXIM	OS		150.6		145.3		317.3		547.7		679.8		632.1		657.5		570.1		484.2		572.7		469.7		231.8		679.8	
MINIM	OS		1		13.6		11.3		80.9		113.3		181.5		186.5		101.1		211.5		142.6		120.3		0		0	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION

ESTACION : 35195050 CORINTO

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

LATITUD 524 N  
LONGITUD 7243 W  
ELEVACION 1550 m.s.n.m.

TIPO EST C  
ENTIDAD 1 IDEAM  
REGIONAL 6 BOYAC-CASANA

DEPTO  
MUNICIPIO  
CORRIENTE

BOYACA  
PAJARITO  
CUSIANA

FECHA-INSTALACION  
FECHA DE SUSPENCIÓN

1984-JUN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1984	2	1											23	3	27		30		28		22		28		14		172	3
1986	2	1													18	3	27		27		31		26		15		144	3
1987	2	1	9		12		16		21		25		29		29		27		27		18		20		3		236	
1988	1	1	2		5		2		11		12		21		27		25		27		27		27		4		190	
1989	1	1	11		13		25		16		21		21		23		22		23		20		14		0		209	
1990	1	1	5		11	*			14		18		17		23		16		17		19		18		6		164	3
1991	2	1	4		11		9		21		17		21		17		23		27		29		27		14		220	
1992	1	1 *		*		*			24		25		29		31		28		24		25		22		13		221	3
1993	2	1	21		11		23		25		29		25		28		30		26		30		27		10		285	
1994	2	1	13		11		19		25		30		24		28		29		29		28		21		20		277	
1995	2	1	8		5		20		19		28		28		30		28		28		26	3	19		19		258	3
1996	2	1	14		16		12		22		28		30		30		28		27		26		23		17		273	
1997	2	1	15		17		11		23		26		22		30		27		25		21		17		10		244	
1998	1	1					14		28		26		27		31		26		25		20		19		21		237	3
1999	1	1	7		19		17		25		24		26		27		27		28		29		26		18		273	
2000	1	1	14		13		10		19		30		23		25		29		28		30		23		20		264	
2001	1	1	1		11		20		18		29		27		28		31		25		28		28		19		265	
2002	1	1	6		8		18		24		26		29		29		27		28		30		20		13		258	
2003	1	1	3		10		16		26		29		29				31		29		30		27		20		250	3
2004	1	1	11		10		11		26		29		25		25		30		20				19		13		219	3
2005	1	1	13		8		5		29				29		27		30		25		24		22		8		220	3
2006	1	1	8		7		18		22		26		27		27		28		24		28		22		12		249	
2007	1	1	13		3		18		18		29		27		26		28		27		27		23		13		252	
2008	1	1	13		11		13		18		26		28				27		27		25		25		10		223	3
2009	1	1	14		7		16		17		24		28		28	3	29	3	21		23		21		10		238	3
2010	1	1	1		6		19	3	25		28		29		29		23	3	22		27		20		15		244	3
2011	1	1	5		15		16		22		30		22		26		27		21		28		24		16		252	
2012	1	1	7		8		23		24		26		24		30		26		20		24		16		10		238	
2013	1	1	6		10		16		17		24		27		25		26		28		26		22		13		240	
2014	1	1	9		11		14		20		22		27		22		26		27		29		24		14		245	
2015	1	1	9		12		11		26		21		27		30		26		22		23		27		8		242	
2016	1	1	7		15		14	3	30		26		27		29		27		26		26						201	3
2017	1	1	15		12		24		15		28		30		26		26		23		18		22		13		252	
2018	1	1	10		10		17		28		29		30		28		26		23		29		13		3		246	
2019	1	1	12		7		15		16		26		29		25		30		22		28		22		13		245	
2020	1	1	8		5		17		20		24		27		29		27		26		26		29		14		252	
MEDIO	S		9		10		16		22		25		26		27		27		25		26		22		13		248	
MAXIM	OS		21		19		25		30		30		30		31		31		29		31		29		21		31	
MINIM	OS		1		3		2		11		12		17		17		16		17		18		13		0		0	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

ESTACION : 35195050 CORINTO

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

LATITUD 524 N TIPO EST C  
LONGITUD 7243 W ENTIDAD 1 IDEAM  
ELEVACION 1550 m.s.n.m. REGIONAL 6 BOYAC-CASANA

DEPTO BOYACA  
MUNICIPIO PAJARITO  
CORRIENTE CUSIANA

FECHA-INSTALACION 1984-JUN  
FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1984	2	1											87.3	3	84.8		47.4		70.5		26.2		27.8		9.2		87.3	3
1986	2	1													38	3	34.5		83.5		76.6		48.1		19		83.5	3
1987	2	1	37.9		33.5		59.5		50.4	1	42.3		91.2		89.2		53.6		47.9		45		30	1	22.8	1	91.2	
1988	1	1	1	1	19.8		11	1	48.8		29	1	57.9	1	73.6		37.6		45.3		46.3		38		8.5		73.6	
1989	1	1	12.2		9.8		20.6		38				36.7		19.7		44.5								44.5		44.5	3
1990	1	1			13.1	*					60.4		40.8		42.1		14.2		34.9								60.4	3
1991	2	1	8.8		43.9		27.7		41.2		35.8		115.7		39.9		53		60		36		19.4				115.7	3
1992	1	1 *		*		*			59.5		48.9		59.5		44.2	1	50.9	1	66.5		61		21.3		22.9	1	66.5	3
1993	2	1	42.1	1	18.9		42.6		46.2		54.9		62.4		68		115.8		41.9		79		11.5	1			115.8	3
1994	2	1	15		13		45.8		47.3		49.5		93		62.6		60.7		44.4		50.3		47.5		8.8		93	
1995	2	1	13.5		30.7		75		57.5		88		83.2		40.8		25		72		56.6	3	45		21		88	3
1996	2	1	23		19		48.2		49.8		38.9		47		55.4		49.5		71		55.6		86.8		31.9		86.8	
1997	2	1	12.8		22		12		37.2		46		51.3		59.2		42.2		77.5		55.3		30		9.6		77.5	
1998	1	1					55		56		100		74		88.5		60		36.9		41.1		71.2		26.5		100	3
1999	1	1	51.9		24.2		32.5		70		56		53		60		43.5		41		73.5		37.6		16		73.5	
2000	1	1	11		13		35.6		51.6		38.8		50		57		44		34		32.5		63.5		22.5		63.5	
2001	1	1	1.5		3		66		16		99		101		42.1		48.6		54		55		62		61		101	
2002	1	1	17.5		13.7		39.5		26.8		57.5		64		31		73.5		51		22		36.2		34		73.5	
2003	1	1	1		4.5		24.6		42.2		74.2		61				61		46.5		35.5		72.2		36.5		74.2	3
2004	1	1	27.7		23		17.5		47.9		66.9		37.2		81.5		49.2		92.2				35.5		23.5		92.2	3
2005	1	1	15.6		51.5		13.8		75.5				33.6		34.3		63.7		46.2		101		39		13.5		101	3
2006	1	1	32.5		3.7		35.5		52.2		51		82.8		32.9		57		32.2		56.5		76.5		5.5		82.8	
2007	1	1	10		17.5		62		41.5		44.5		43		26.2		98.3		36.7		63.5		61		50		98.3	
2008	1	1	18.5		8.3		8.7		58.7		65.3		51				82		33		92.2		47.5		13.5		92.2	3
2009	1	1	95		11.5		14		31		71.5		58.2		26.5	3	45.2	3	33.4		56.2		31		18.2		95	3
2010	1	1	1		11.7		36.5	3	62.7		62.6		31.5		76		43.4	3	43.5		28.2		69.5		53		76	3
2011	1	1	5.6		24		23.5				58.2		88.2		39.2		33.5		58		51.5		53.7		34.7		88.2	3
2012	1	1	10.6		22		55		43.5		56.7		83.2		87.2		68.7		53.2		34.8		43.2		46.5		87.2	
2013	1	1	3.7		21		41.6		23.7		35.8		45.2		54.3		38.6		41		59.5		61		16.5		61	
2014	1	1	12.5		31		21		36		34.3		37.5		30		46.5		61		34.7		27.4		29.5		61	
2015	1	1	14.3		27.3		26.5		34.2		21.7		56.4		37.7		42.7		64.5		42.7		36		27		64.5	
2016	1	1	7.8		19.7		29.2	3	59.6		65.8		49.5		101		34.6		61								101	3
2017	1	1	12.5		23.5		28.5		44.5		50.6		51		65		39.2		48.8		43.5		38.3		15		65	
2018	1	1	34		6.5		29.5		48.5		46		111.5		42		48		52		47.5		49.5		16.5		111.5	
2019	1	1	12.5		12.5		18.5		32		71.5		32		29.5		54		32		41.5		33.7		9.8		71.5	
2020	1	1	11		5.4		33.5		21		19.7		27.5		47.5		31		28.5		37.8		68.8		16.5		68.8	
MEDIOS			18.51613		18.81875		34.075		45.34375		54.41563		61.38		53.14412		49.00882		53.22571		50.79688		48.6		23.96471		42.6	
MAXIMOS			95		51.5		75		75.5		100		115.7		101		98.3		115.8		101		86.8		61		115.8	
MINIMOS			1		3		8.7		16		19.7		27.5		19.7		14.2		28.5		22		21.3		5.5		1	



VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)																									SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL				
FECHA DE PROCESO : 2020/12/31										ESTACION : 35190050 PAJARITO																			
LATITUD		517	N	TIPO EST		PM	DEPTO		BOYACA	FECHA-INSTALACION		1957-NOV																	
LONGITUD		7242	W	ENTIDAD		1	MUNICIPIO		PAJARITO	FECHA DE SUSPENCIÓN																			
ELEVACION		842	m.s.n.m.	REGIONAL		6	BOYAC-CASANA		CUSIANA																				
AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*	
1957	4	2																				62	3	156.2		218.2	3		
1958	2	1													796		635									1431	3		
1959	4	2	0		29		212		416		538		442		676		595		532		371		243		52		4106		
1960	2	1									659		402				461									1522	3		
1961	4	2	0		0		111		338		336		402		530		461		351		482		317		36		3364		
1962	4	2	6		7		246		116		707		457		650		560		593		344		201		91		3978		
1963	4	2	9		98		10		254		462		298		362		403		215		281		67		4		2463		
1964	4	2	0		91		38		328		649		594		625		402		550		332		189		52		3850		
1965	4	2	51		30		32		121		545		484		500		543		535		265		213		37		3356		
1966	4	2	147		6		300		198		332		327		424		396		421		229		219		130		3129		
1967	4	2	39		0		174		307		484		591		565		514		510		349		117		61		3711		
1968	4	2	15		12		75		651		531		667		977		558		584		379		102		16		4567		
1969	2	1	15		215		355		328		397		578		761		770		330		275		235		48		4307		
1970	2	1	46		5		348		225		724	*			588.9	8	*		932		394		264		35		3561.9	3	
1971	2	1	24	3	137		158		201		991		189		839		801		519.8	8	398		276		91		4624.8	3	
1972	2	1	97		38		198		393		984		848		561		625		734		636		157		74		5345		
1973	2	1	24.5		4		190		321		585		511		525		881		754		157	3	239.7	8	66.1	8	4258.3	3	
1974	2	1	30.4	8	39.4	8	162.4	8	316.9	8	566.6	8	512.9	8	588.9	8	534.6	8	519.8	8	414.8	8	239.7	8	4	3	3930.4	3	
1975	2	1	6		20		147		93		493		1872	4	1117	4	1995	4	1905	4	773		518		66.1	8	9005.1		
1976	2	1	28		32		253		316.9	8	566.6	8	512.9	8	588.9	8	534.6	8	590		523		480		175		4600.9		
1977	2	1	0		10		65		194		581		512.9	8	574		633		349		434		254		10		3616.9		
1978	2	1	30		30		172		691		608		589		556		438		711		534		151		45		4555		
1979	2	1	7		3		128		403	3	364		732		690		742		463		615		349		233		4729	3	
1980	2	1	33		10		87		403		364		732		690		473		544		481		206		47		4070		
1981	2	1	0		230		192	3	556		671		715		690		537		723		590		88		113		5105	3	
1982	2	1	0		4.5		106		390.1		671.4		491.2		615.2				264		247		170.2		110		3069.6	3	
1983	2	1	31		103.3		391.5		555.5		464		444		763.8		605.4		474.7		427.4	3	238.5		202		4701.1	3	
1984	2	1	86		69.9		91.2		146.5		342.3		632.6		846.8		645.5		555.9		104.2		146.7		12.2		3679.8		
1985	2	1	0		0		82.1		92.7		213.6		293.4		615.1		254.9		169		169.9		100.5		42.7		2033.9		
1986	2	1	52.5		59.8		64.9		226.6		402.3		523.6		444										32.7		1806.4	3	
1987	2	1	33.8		63.6		85.8		152.4		115.7		303		284.3		317.2		286.1		142.1		61		52.2		1897.2		
1989	2	1	5.1		149.6		67.9		93.2		545.4		500.7		336.3		656.5		542.4		447.7		258.6		32		3635.4		
1990	2	1	35.3		25.4		167.8		363.1		527.5		619		522.1		605.6		455.9		516.4		451		68.9		4358		
1991	2	1	1.5		56.1		111		364.8		590.9		502.4		614.3		580.6		450.2		748.4		314.3		2.5		4337		
1992	1	1	74		44.3		61.3		437.1		399		512.9		1516	4	655.2		383.1		206.4		218.2				4507.5	3	
1993	1	1					387.9		552.6		433.9	3	534.3		697.9		444.4		549.5		504.3		122.8		14.6		4242.2	3	
1994	2	1	6.9		45.4		156		330		524.6		469.7		548		733.5		462		385		190		82		3933.1		
1995	1	1	47.2		6		125		411		441		628		507		386		534		259		68		85		3497.2		
1996	2	1	11		101		126		211.2		349.1		502.6		402.2		421.8						222		103.4		2450.3	3	
1997	2	1	7.4		62.8		65.6		194.3		391.6		478		667.1		253.4		300.7		239.5		141.9		66.9		2869.2		
1998	1	1	16.4		134.4		250.6		564.7		826.9		690.8		743.8		444.3		386.7		195		157.7		71		4482.3		
1999	1	1	5.5		128		189.7		512.9		361.5		383.5		493		338.1		596.6		344.2		137.7		14.8		3505.5		
2000	1	1	30.7		12.6		126		160		542.4		328.3		487		591.5		351.5		304.5		182.2		38.2		3154.9		
2001	1	1	0		1.4		360.6		297.7																	659.7	3		
2002	1	1	3.8		0		200.9		178.1		178.4		385		338.7		617		278.3		123.6		500.3		283	3	3087.1	3	
2003	1	1	0		20		181.3		509.8		492.3		648.7		753		449.3		400.2		309.6		206.8		86.7		4057.7		
2004	1	1	56.8		140.6		77.9		480.4		577.6		499.7		483.7		532.4		464.6		353.8		298				3965.5	3	
2005	1	1	29.6		130.1		59.4		474.6		460.2		409.5		453.8		556.4		501.5		663.6		120.8				3859.5	3	
2006	1	1	70.8		17.7		130.8		121.9		215.6		731.9		374.3		477.4		389.6		245.6		234.3		26.8		3036.7		
2007	1	1	23.8		27		142.1		204		465		305.1		317.4		476.9		225.4		232.8		119.9		139.9		2679.3		
2008	1	1	64.9		10.8		38.2		199.8		481.1		501.1		214.7	3	420.5		321.5		364.1		179.2		42.9		2838.8	3	
2009	1	1	67.7		37.6		57.3		148.8		124.9		625		207.6		504.1		218		231.1		44.6		40.2		2306.9		
2010	1	1	3.6		33.6		220.9		295		733.3		294.7		368.7		270.6		161.9		435.7	3	270.3				3088.3	3	
2011	1	1	0.6		19.8		70		349.4		367.3		469.6		369.8		331.2		559.9		313		170.1		30.5		3051.2		
2012	1	1	0.4		21.6		163.9		498.1		363.8		400.5		567.7		277.8		291.4		70.3		158		47.1		2860.6		
2013	1	1	1.2		7.9		68.8		116		318.9		265.5		540.8		370.5		253.7		267.6		155.7		18.4		2385		
2014	1	1	14.6		58.7		28.6		344.1		254.5		370.6		726.4		555.2		319.7		297		218.9		34				

## VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION

ESTACION : 35190050 PAJARITO

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

LATITUD 517 N  
LONGITUD 7242 W  
ELEVACION 842 m.s.n.m.TIPO EST  
ENTIDAD REGIONALPM 1 IDEAM  
6 BOYAC-CASANADEPTO  
MUNICIPIO CORRIENTEBOYACA  
PAJARITO CUSIANAFECHA-INSTALACION  
FECHA DE SUSPENCIÓN

1957-NOV

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1957	4	2																					11	3	7		18	3
1958	2	1													29		23										52	3
1959	4	2	0		1		11		20		22		22		21		19		18		14		11		4		163	
1960	2	1									20				14		16										50	3
1961	4	2	0		0		4		13		11		14		14		16		14		18		19		3		126	
1962	4	2	3		2		14		8		24		18		28		24		21		18		9		4		173	
1963	4	2	2		4		2		16		24		18		12		19		8		11		5		2		123	
1964	4	2	0		2		2		16		19		19		21		15		14		14		8		4		134	
1965	4	2	5		2		3		12		18		18		20		19		18		18		12		5		150	
1966	4	2	3		1		11		9		12		13		16		10		14		9		8		5		111	
1967	4	2	3		0		5		14		15		17		18		15		15		12		8		6		128	
1968	4	2	2		2		4		15		11		18		21		16		14		10		8		2		123	
1969	2	1	2		5		7		9		9		14		17		16		9		11		7		4		110	
1970	2	1	4		1		6		4		15	*				*			23		14		10		5		82	3
1971	2	1	4	3	7		18		16		27		10		23		25				24		25		23		202	3
1972	2	1	18		12		21		26		31		29		25		26		27		28		15		14		272	
1973	2	1	3		2		4		17		22		30		29		31		28		15	3					181	3
1974	2	1																						1	3		1	3
1975	2	1	3		4		5		6		8		17		29		31		26		29		24				182	3
1976	2	1	3		4		13												29		29		21		12		82	3
1977	2	1	0		4		8		11		22				25		27		19		12		8		2		138	3
1978	2	1	3		1		8		16		24		26		23		21		23		24		11		4		184	
1979	2	1	2		2		11		23		15		20		21		16		20		22		17		11		180	
1980	2	1	4		3		5		24		15		20		21		18		20		22		9		5		166	
1981	2	1	0		7	3	19		19		19		20		18		18		19		15		5		4		148	3
1982	2	1	0		4		12		18		21		25		23		13		9		16		5		5		146	3
1983	2	1	3		8		10		12		18		21		27		24		23		21	3	14		12		193	3
1984	2	1	7		6		3		13		19		26		19		20		18		15		22		3		171	
1985	2	1	0		0		7		14		24		27		28		23		23		15		11		6		178	
1986	2	1	5		6		5		26		22		24		23										6		117	3
1987	2	1	6		12		8		16		18		17		25		25		19		18		11		6		181	
1989	2	1	2		5		13		16		26		24		24		26		27		28		19		4		214	
1990	2	1	7		9		19		19		25		28		31		29		28		28		25		12		260	
1991	2	1	2		5		14		23		30		27		31		31		25		29		23		2		242	
1992	1	1	6		3		9		25		24		24		29		27		22		16		19				204	3
1993	1	1			16		27	24	3				27		27		30		23		25		18		7		224	3
1994	2	1	8		5		15		19		27		23		26		29		22		22		13		7		216	
1995	1	1	5		1		9		18		24		26		30		21		19		17		10		8		188	
1996	2	1	2		7		7		16		26		26		28		28						18		15		173	3
1997	2	1	7		8		8		23		31		24		31		27		21		19		15		6		220	
1998	1	1	3		12		16		25		31		29		31		26		21		22		16		19		251	
1999	1	1	8		16		13		25		24		28		31		23		24		23		17		7		239	
2000	1	1	9		5		10		18		29		22		25		30		24		23		15		7		217	
2001	1	1	0		3		12		10																		25	3
2002	1	1	5		0		9		18		13		19		17		24		12		28		12		4	3	161	3
2003	1	1	0		2		13		24		26		28		25		29		26		26		26		15		240	
2004	1	1	7		10		13		23		26		30		29		29		25		27		25				244	3
2005	1	1	10		10		4		29		29		27		27		26		26		22		16				226	3
2006	1	1	6		4		16		20		16		27		24		25		20		18		17		2		195	
2007	1	1	3		2		9		20		20		25		20		20		18		18		13		9		177	
2008	1	1	3		7		12		14		25		23		19	3	24		17		24		15		2		185	3
2009	1	1	7		2		11		16		13		29		27		25		22		15		9		5		181	
2010	1	1	1		8		14		27		27		25		22		25		16		25	3	23				213	3
2011	1	1	1		8		10		20		25		22		22		21		24		22		17		6		198	
2012	1	1	1		3		7		25		23		22		28		18		17		7		9		8		168	
2013	1	1	1		3		9		14		18		23		21		21		20		15		12		6		163	
2014	1	1	4		3		7		20		16		25		27		23		21		21		15		7		189	
2015	1	1	8		9		7		22		17		22		24		22		20		17		17		10		195	
2016	1	1	0		2		8		27		20		23		24		22		18								144	3
2017	1	1	12		7		20		17		21		26		24		18		21		19		15		9		209	
2018	1	1	10		10		8		22		26		22		0		21		21		26		15		3		184	
2019	1	1	4		1		11		20		26		22		27		25		19		25		20		5		205	
2020	1	1	0		0		0		0		19		0		0		23		21		21		0		0		84	
MECIC	S		4		5		9		18		21		22		23		23		20		20		14		7		186	
MECIC	OS		18		16		21		29		31		30		31		31		28		29		26		23		31	
MECIC	OS		0		0		0		0		8		0		0		10		8		7		0		0		0	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)																											SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL									
FECHA DE PROCESO : 2020/12/31													ESTACION : 35190050 PAJARITO																							
LATITUD		517	N	TIPO EST	PM	1 IDEAM		DEPTO	BOYACA	FECHA-INSTALACION										1957-NOV																
LONGITUD		7242	W	ENTIDAD	6	BOYAC-CASANA		MUNICIPIO	PAJARITO	FECHA DE SUSPENCIÓN																										
ELEVACION		842	m.s.n.m.	REGIONAL	6			CORRIENTE	CUSIANA																											
AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*								
1957	4	2																				21	3	66		66.00	3									
1958	2	1													90		90									90.00	3									
1959	4	2	0		29		40		80		90		90		90		90		90		90		53		25	90.00										
1960	2	1									90				80		80									90.00	3									
1961	4	2	0		0		45		80		80		80		80		80		64		71		80		18	80.00										
1962	4	2	3		6		64		32		82		82		61		58		81		53		82		47	82.00										
1963	4	2	5		82		7		55		56		33		82		60		75		69		22		3	82.00										
1964	4	2	0		55		30		50		82		80		82		71		76		66		66		38	82.00										
1965	4	2	22		18		12		19		82		56		65		62		82		61		34		15	82.00										
1966	4	2	52		6		75		54		72		80		59		82		82		82		82		71	82.00										
1967	4	2	22		0		72		46		82		82		82		82		80		82		28		20	82.00										
1968	4	2	11		9		34		82		82		82		82		82		82		82		22		10	82.00										
1969	2	1	9		82		82		82		82		82		81		90		78		63		78		20	90.00										
1970	2	1	23		5		90		90			*				*			81		72		90		10	90.00	3									
1971	2	1	12	3	35		43		53		126		68		90		101				71		57		15	126.00	3									
1972	2	1	27		12		42		62		120		82		106		87		85		63		30		21	120.00										
1973	2	1	20.5		3		90		52		150		80		80		100		180		43	3				180.00	3									
1974	2	1																						4	3		3									
1975	2	1	4		10		101		40		130		315	4	180	4	185	4	140	4	136		53				3									
1976	2	1	20		20		170														82		136		51	170.00	3									
1977	2	1	0		4		29		74		86				70		92		45		106		46		7	106.00	3									
1978	2	1	18		30		60		180		107		65		121		60		130		60		30		30	180.00										
1979	2	1	6		2		30		60		40		120		100		125		75		95		70		51	125.00										
1980	2	1	20		4		60		60		40		120		100		85		95		100		70		20	120.00										
1981	2	1	0		60		135	3	100		120		111		110		90		110		120		30		46	135.00	3									
1982	2	1	0		1.5		46		100		130		80		103				58		70		75		80	130.00	3									
1983	2	1	26		36		158.5		94		60		54.9		96		89		90		70	3	55.1		60	158.50	3									
1984	2	1	32		21.5		84.5		20.6		90.9		81.1		129.5		181.3		93.5		15.5		50.5		7	181.30										
1985	2	1	0		0		43.1		53.1		40		52.3		86		31.6		33.7		41		37		37.1	86.00										
1986	2	1	21.5		35.1		28.3		63.8		103.1		120.2		72.8										12.6	120.20	3									
1987	2	1	13.1		16.3		63.6		23.5		18.6		83.7		37.8		77.1		42.5		19.5		13.5		26.8	83.70										
1989	2	1	3.2		68.6		22.7		28.5		63		110.3		50.8		80.2		96.2		90.6		87		21.5	110.30										
1990	2	1	27.5		6.2		35.8		102		106.2		69.2		42.1		138.3		58		92.1		97.6		28	138.30										
1991	2	1	1		25.2		24.8		128		56.7		77.6		156.3		86.5		96.3		98.5		65.4		1.5	156.30										
1992	1	1	41.4		22.3		28.3		98.1		111.2		78.6		175	4	89.5		80.3		68.1		49.3			175.00	3									
1993	1	1					111.3		118.5		85	3	71.1		95.6		59.7		74.3		98.1		17.9		4.3	118.50	3									
1994	2	1	1.2		23.9		89.4		93.5		56.9		82.2		85.7		102.1		57		84		49		52	102.10										
1995	1	1	19		6		64		66		119		107		62		69		89		57		25		22	119.00										
1996	2	1	10		32		36		59.2		66.2		88.1		52		53.5						35.7		59.7	88.10	3									
1997	2	1	4.3		31.8		26.1		35.8		31		114.5		89.7		50.2		54.6		78.5		38.9		30.5	114.50										
1998	1	1	14.2		48.9		112.3		127		134.6		99.7		108.5		62.7		122.3		41.3		45.8		10.3	134.60										
1999	1	1	1.5		23.7		111.3		155.3		76.9		81.9		98.7		53		128.7		62.7		32.5		5.8	155.30										
2000	1	1	13.2		7.5		29.6		30.7		71.5		51.3		149.8		81.4		71.3		63.1		67.9		25	149.80										
2001	1	1	0		0.6		102		75.5																	102.00	3									
2002	1	1	1.3		0		86.5		38.4		69.7		98.6		113		85.2		126.5		54		131		148	148.00	3									
2003	1	1	0		18		45.4		115.5		91.5		126.8		137.4		37.6		45.5		76.2		27.6		24.6	137.40										
2004	1	1	29.4		41.9		38.7		167.8		114.1		42.3		95.3		63.5		61.3		65.1		84.5			167.80	3									
2005	1	1	13.6		36.5		36.5		96.7		84.3		71.2		87.6		134.7		75		167.3		20.3			167.30	3									
2006	1	1	35.6		8.5		30.9		36		48.5		105.3		58.6		96.5		84.1		124.3		91.7		18.3	124.30										
2007	1	1	18.9		14.7		38.6		40.3		67.5		47.5		91.4		116.5		43.5		78.6		51.8		50.5	116.50										
2008	1	1	59.7		2.7		13.2		61.4		112.3		99.3		39.7	3	94.6		84.7		89.7		32.5		41.6	112.30	3									
2009	1	1	46.5		36.5		20.3		30.3		36.1		99.4		33.4		98.6		37.4		49.7		15.4		16.2	99.40										
2010	1	1	3.6		13.6		36.5		42.1		87.3		51.9		54.9		64.5		58.4		78	3	62.9			87.30	3									
2011	1	1	0.6		7.4		23.4		70.9		101.5		91.7		89.3		56.4		65.2		46.5		46.8		11.2	101.50										
2012	1	1	0.4		20.4				95.3		54.8		56.3		58.9		84.6		59.4		42		45.7		20.9	95.30	3									
2013	1	1	1.2		6.3		21.9		28.5		46		34.6		112.4		58.6		84.3		94.6		32.8		11.2	112.40										
2014	1	1	7.9		27.6		8.6		57.3		58.6		58.9		97.8		98.7		48.9		85.6		63.6		13.5	98.70										
2015	1	1	11.3		8.9		15.4		66.7		74.5		189.5		132.5		75.4		69.3		74.6		33.1		17.2	189.50										
2016	1	1	0		0.5		32.6		81.6		117.2		68.9		68.1		101.9		108.3							117.20	3									
2017	1	1	4.5		12.1		49.7		39.3		67.1		107.5		122.3		83.6		123.7		91.5		42.6		41.5	123.70										
2018	1	1	34.5		11.4		68.4		53.7		47.6		94.6		0		34.3		38.4		70.9		32.6		26.7	94.60										
2019	1	1	4.2		2.4		18.6		38.6		94.2		63.6																							

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

FECHA DE PROCESO : 2019/02/08

ESTACION : 35195030 AGUAZUL

AÑO	EST	ENT	VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)												FECHA-INSTALACION FECHA DE SUSPENCIÓN												VR ANUAL	*
			ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*		
1974	2	1	6.7		16.5		12.2		373		679.9		439.2		608.7		360.5		311.6		584.2		231.8				3624.3	3
1975	2	1	71.3	8	133.7	8	147.2	8	374.3	8	455.8	8	470.1	8	472.6	8	366.5	8	354.6	8	360.2	8	192.9	8	91.8	8	3491	
1976	2	1	58.9	8	121.5	8	135.1	8	361.9	8	442.8	8	457.8	8	460.1	8	354.4	8	342.6	8	347.6	8	180.9	8	79.9	8	3343.5	
1977	2	1	47.3	8	110.1	8	123.8	8	350.3	8	430.7	8	446.5	8	448.3	8	343.1	8	331.5	8	335.8	8	169.7	8	68.8	8	3205.9	
1978	2	1	0		23		206.9	4	571.1	4	222.9	4	388.8	3			168.5	4			445.2	3					2026.4	3
1979	2	1											475.8	3	285.7		259.6				367	3					1388.1	3
1980	2	1	0		0		134.7		322.9		346.3	3	550.8	3	375.3		414.3		252.7	3	220.9		92.9	3	31.4	3	2742.2	3
1981	2	1	0		281.6	3	112.6		333.6		426.7		514.2		709						325.3		59.4		122.5		2884.9	3
1982	2	1	4.3	4	0	4	21.2	3					475.3	3	194.1	3	200.3		73.4	4	170.5	4	6	4	2.7	4	1147.8	3
1983	2	1	8.7		229.9	3	128.8	3	267.2	3	333.2		292.5	3	310.8		319.7		269		216.1	3	47.6	3	57.8		2481.3	3
1984	2	1	9.9		144.9		20.5		242.9		268.6		520.4	3	466.1		426.1		555.9		237.6	3	314	3		1	3207.9	3
1985	2	1	0		0		11.1		219.7		552.6		531		422.5		499.9		345.5		260.7		239.1		0.4		3082.5	
1986	2	1	1		51.8		5		350.9		418.1		514.3		388.2		241		255.7		455.3						2681.3	3
1987	2	1			82.9		13.5		358		336.5		204		600.2		377.4						228.5				2201	3
1988	2	1							522.8		380.7		271.1		241.6				276.4		172.9		141.1		19.6		2026.2	3
1989	2	1	11.2		71		50.7		136.5		408.7		382.5						206.8		167		122.3		2		1558.7	3
1990	2	1	13.1		36.6		193		359.7		191.4		336.7		244.4		189.6		269.7		151.3		142.4		4.1		2132	
1991	2	1	0		44.4		75.1		110.9		419.1		207.9		447.2		232.5		236.4		350.9		113		1.5		2238.9	
1992	2	1	2.5		80.2		45.2		355.1		373.6		272.8		296.7		262.8		361.3		247.7		81.8		0		2379.7	
1993	2	1	32.8		67.5		175.5		443.6		373.6		384.6		443.6		130.7	3	346	3	326.3		142.2		0.5		2866.9	3
1994	2	1	0.5		44.6		53		145.1		272.8		397.7		422.4		770		227		388.6		163.8	3	14.6		2900.1	3
1995	2	1	53		7		124		301.4		551		607.7		394		100.4		280.9		245.4		61.4		132		2858.2	
1996	2	1	0		40.3		79		172		309		428		378		341		372		442.5		84		51		2696.8	
1997	2	1	0		93		56	3	331		387		213	*		*		*			225.1	3	114.8		0		1419.9	3
1998	2	1	0		73.2		185.6		404.1		400.3		343.9		511.4		343.5		395.7		209		2.7		38.9		2908.3	
1999	1	1	34.7		152.9		41.8		68.2		305.8	3	409.7		374.5		148.6		367.5		291.7		214.2		1.5		2411.1	3
2000	1	1	34.3		72		141.5		146.2		432.3		274.6		306.5		424.2		336.6		319.5	3					2487.7	3
2001	1	1																						114.6			114.6	3
2002	1	1	2.2		2.1		305.7		332.8		334		593.1		433.4		581.1		467.1		196.9		153.3		92.2		3493.9	
2003	1	1	0		0		117.5		425.2		418.7				249.2		183.2		473.4		258.9	3	243.3		52.8		2422.2	3
2004	1	1	0		20.5		125.8		451.8		626.4				351		382.8		441.7		464.9						2864.9	3
2005	1	1	18	3 *			3.6	*					276.4		178		274.1		325.6		203.3		150.5	3	8.6	3	1438.1	3
2006	1	1			0		191		134.7		532.3		561.6		303.2		474.9	3	194.9		255.9		302.1		18.2		2968.8	3
2007	1	1	0		31.2		291		296.9		689.8		341.6		257		228.7		378.6		435	3	62.1		68.3		3080.2	3
2008	1	1	3.3		8.7		35		237.3		483.1		620.4		414.5		248.1		393.1		183.4		253.9		1.4		2882.2	
2009	1	1	54.3		27.3		95.7		283.7		291.8	3	707.1		316.2	3	470.9	3	141.7	3 *			57.7	3	0.9		2447.3	3
2010	1	1	0	3	24.7		201.4		170.4	3	453.3		433.8	3	169.1		169.1		170.9		344.3		200.1		81.4		2418.5	3
2011	1	1	25.5		94.1		26.1		471.7		625.5	3	347.3	3	321.3		242.4		457.9		380		292.9		74.9		3359.6	3
2012	1	1	0		9.2		296.4		392		282.5		310.3		449.9		396.6		185.5		408.7		183.5		71.5		2986.1	
2013	1	1	0		26.6		122		282.1		334.3		313.6		484.8		269.7		288.4		255.8		273.4		18.6		2669.3	
2014	1	1	0.3		79.8		13.7		242.7		411.8		350.1		429.7		290.9		223.5		277.9		69.2		24.8		2414.4	
2015	1	1	17.5		17.3		50.9		292.1		228.2		309.8		430.2	3	274.1		339.4		242.3		215.2		40.2		2457.2	3
2016	1	1	0		6.7		151.8		419		245.9		340.3		590.3		328.8		520.2								2603	3
2017	1	1	21.8		116.9		254.2		312.9		376.6		532.4		230.1		212.9		360.4		242.1		136.6		5.9		2802.8	
2018	1	1	54.6		1.3		143.7		257.5		359		399		358		272.7		201.7		227.2		96.1		0		2370.8	
2019	1	1	0		0		129.7		225.3		519		373.5		230.9		264.3		142.2		279.4		216.5		31.9		2412.7	
2020	1	1	6.8		7.8		7		0		0		0		0		0		162.4		460.4		632.5		55.8		1332.7	
MEDIO	S		14.15476		57.04186		110.3455		293.5167		397.0628		401.8178		373.4884		305.5907		308.7951		297.9952		167.135		38.05128		2765.00	
MAXIMO	OS		71.3		281.6		305.7		571.1		689.8		707.1		709		770		555.9		584.2		632.5		132		770	
MINIMO	OS		0		0		3.6		0		0		0		0		0		73.4		151.3		2.7		0		0	

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION

ESTACION : 35195030 AGUAZUL

FECHA DE PROCESO : 2019/02/08

LATITUD 510 N TIPO EST CO  
LONGITUD 7233 W ENTIDAD 1 IDEAM  
ELEVACION 380 m.s.n.m. REGIONAL 6 BOYAC-CASANA

DEPTO CASANARE  
MUNICIPIO AGUAZUL  
CORRIENTE UNETE

FECHA-INSTALACION 1974-ENE  
FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1	3		6		5		21		27		25		28		30		23		25		13				206	3
1978	2	1	0		2		12		21		18		19	3			18				14	3					104	3
1979	2	1											18		22		9				24	3					73	3
1980	2	1	0		0		9		17		19	3	20	3	21		21		20		12		8		2	3	149	3
1981	2	1	0		12		5		24		24		24		20						13		5		6		133	3
1982	2	1	2		0		4	3					18	3	7	3	14		6		13		2		3		69	3
1983	2	1	2		7	3	10	3	15	3	18		21		21		21		16		15	3	5	3	4		155	3
1984	2	1	3		8		5		15		18		27		21		22		21		13		16		2		171	
1985	2	1	0		0		8		11		22		23		25		24		28		15		13		1		170	
1986	2	1	1		5		5		21		21		26		22		15		15		15						146	3
1987	2	1			6		8		19		17		15		19		22						16				122	3
1988	2	1							21		19		19		16		10		13		15		18		3		115	3
1989	2	1	1		4		5		8		18		17						19		17		8		1		98	3
1990	2	1	5		5		21		25		19		25		19		15		14		15		13		4		180	
1991	2	1	0		5		7		14		24		17		27		19		15		16		14		2		160	
1992	2	1	3		5		8		20		19		23		23		19		15		14		16		0		165	
1993	2	1	4		9		19		26		24		22		21		12	3	16	3	19		14		1		187	3
1994	2	1	1		6		13		16		22		19		21		24		20		17		12	3	3		174	3
1995	2	1	3		1		7		14		19		24		21		15		18		15		9		10		156	
1996	2	1	0		11		4		12		20		19		15		16		19		18		8		5		147	
1997	2	1	0		3		4	3	16		10		8	*		*		*			6	3	2		0		49	3
1998	2	1	0		8		10		21		16		19		22		18		14		17		11		6		162	
1999	1	1	5		13	*			5		6	3	26		19		17		17		19		18		3		148	3
2000	1	1	2		3		9		12		25		19		17		23		9		13	3					132	3
2001	1	1																						12			12	3
2002	1	1	1		1		7		17		24		24		19		18		18		16		11		2		158	
2003	1	1	0		0		10		19		20				15		18		18		15	3	10		5		130	3
2004	1	1	0		4		8		22		22		20		19		16		8								119	3
2005	1	1	1	3 *			1	*					10		17		19		14		19		14	3	1	3	96	3
2006	1	1			0		15		19		23		24		22		22	3	12		19		14		2		172	3
2007	1	1	0		1		10		15		24		16		20		17		18		21	3	8		7		157	3
2008	1	1	3		3		3		14		23		26		24		22		18		17		15		2		170	
2009	1	1	6		3		11		19		20	3	18		26	3	26	3	15	3 *			10	3	2		156	3
2010	1	1	0	3	5		13		2	3	19		20	3	18		18		17		17		19		5		153	3
2011	1	1	3		3		9		20		27		17		19		16		19		13		19		5		170	
2012	1	1	0		4		14		21		18		17		25		19		11		17		8		4		158	
2013	1	1	0		5		15		15		18		19		20		15		18		12		13		5		155	
2014	1	1	1		3		4		18		11		21		25		17		16		20		12		2		150	
2015	1	1	3		4		7		18		13		25		24	3	18		15		17		13		4		161	3
2016	1	1	0		2		12		25		15		22		22		18		16								132	3
2017	1	1	6		5		12		17		22		23		19		20		16		11		10		1		162	
2018	1	1	5		1		8		21		21		25		29		19		17		17		7		0		170	
2019	1	1	0		0		10		17		24		22		23		19		14		16		12		4		161	
2020	1	1	1		1		2		0		0		0		0		0		9		16		17		5		51	
MEDIO	S		2		4		9		17		19		20		20		18		16		16		12		3		156	
MAXIM	OS		6		13		21		26		27		27		29		30		28		25		19		12		30	
MINIM	OS		0		0		1		0		0		0		0		0		6		6		2		0		0	

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

ESTACION : 35195030 AGUAZUL

FECHA DE PROCESO : 2019/02/08

LATITUD 510 N  
LONGITUD 7233 W  
ELEVACION 380 m.s.n.m.TIPO EST CO  
ENTIDAD 1 IDEAM  
REGIONAL 6 BOYAC-CASANADEPTO CASANARE  
MUNICIPIO AGUAZUL  
CORRIENTE UNETEFECHA-INSTALACION  
FECHA DE SUSPENCIÓN 1974-ENE

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1	3.6		9.8		6.8		58		136.3		103		65.7		68.5		53		155		54.3				155	3
1978	2	1	0		20		49.3	4	105.1	4	36.1	4			69	3	34.8	4			71.4	3					105.1	3
1979	2	1											123	3	91.5		117				80	3					123	3
1980	2	1	0				82.3	1	70		100	3	100	3	80		97		58.5	3	62.4		38.4	3	18.5	3	100	3
1981	2	1	0		105	3	88.4		60		88.7		110.6		170.1						105		17.7		66.7		170.1	3
1982	2	1	4	4	0	4	10.5	3					98	3	50.8	3	40		34.8	4	34.2	4	5.7	4	1.5	4	98	3
1983	2	1	8.2		78.3	3			98.4	3	90.5		76.3	3	65.7		72.2		80.6		66.8	3	37	3	17.2		98.4	3
1984	2	1			79		17.1		54		69.2		60.2	3			85		120.5		83.5	3	187	3	0.6		187	3
1985	2	1	0		0		4.4	1	92				84.4	1	65.4	1	108.8	1	62.6	1	110.5		65.7	1	0.4	1	110.5	3
1986	2	1	1		23.5		3.3		72.2		121.3		99	1	68.3	1	58.5		53.3	1	60.4	1					121.3	3
1987	2	1					3.3	1	81.1	1	56.1		68.5	1	126.6		50.4						63.2				126.6	3
1988	2	1							133.6	1			91.8	1			101	1	91.2	1	76	1	38	1	10.5		133.6	3
1989	2	1	11.2	1	54	1	33.3		54		60.2		99.7	1					38.5		29.8		67		2		99.7	3
1990	2	1	6		20.5		27.2		74.5		41.6		45.4	1	35.4		44.1		75		50.6		58		1.6		75	
1991	2	1	0		38		26.5		30.9		83		38.8		80.5		71.2		55.2		82.4		36		1		83	
1992	2	1	1		57		33.5		71		85.3	1	59.6	1	91.3		65.5		127		72.5		17.5	1	0		127	
1993	2	1	18.7		21		40.5		62.5		85		125		122.2		48.1	3	71.8	3	48.4		40.5		0.5		125	3
1994	2	1	0.5	1	38.9	1	14	1	31.8	1	38.2		67.7		97				50		114		57	3	11		114	3
1995	2	1	35		7		42		72		92		98		51		43.6		59.5		39.5		26		85		98	
1996	2	1	0		14		52		37		48		90		107		70		72		103		43		33		107	
1997	2	1	0		51		44	3	131					*		*		*			90.5	3	75		0		131	3
1998	2	1	0		22		58.2		123.2		61.1		85.4	3	120		60		76.5		50.5		0.4		23.3		123.2	3
1999	1	1	12.9						27.9			3	59.8		87.3		44.7		86.1		52.6		62		0.8		87.3	3
2000	1	1	22		60.2		61.2		42.2		120		71.2		88.2		87.8		134.6		72.5	3					134.6	3
2001	1	1																							34.6			3
2002	1	1	2.2		2.1		124.6		86.6		70		132.7		73.5		121		104.5		97.3		28.5		64.7		132.7	
2003	1	1	0		0		23.5		68.9		76.5				59.5		41.1		134.5		43.9	3	67		34		134.5	3
2004	1	1	0		11.7		41.5		99.4		103		56.3		71.5		108.5		134.5								134.5	3
2005	1	1	18	3 *			3.6	*					67		49.8		55.5		87.1		64.1		42.5	3	8.6	3	87.1	3
2006	1	1			0		74.7		29.1		122.5		136.2		50.5		81.1	3	73.5		60		79		11.7		136.2	3
2007	1	1	0		31.2		146		75.7		112.3		74.9		47.8		69.3		100.8		84.2	3	19		43.5		146	3
2008	1	1	2.1		7.7		24.1		100.2		68.5		107.5		69.5		54		101.8		41.4		70.6		0.9		107.5	
2009	1	1	25.6		23.8		42.5		121		85.9	3	131		77.3	3	84.1	3	30.8	3 *			17.6	3	0.5		131	3
2010	1	1	0	3	16.9		46.6			3	80		70.9	3	26.5		26.5		39		67.4		67.3		52.7		80	3
2011	1	1	18.9		79.9		8.8		115.3		91.8	3	113.8	3	53		47.1		84.7		110		48.2		39		115.3	3
2012	1	1	0		3.8		86.4		130		43.7		71.2		69		63.1		49.6		95.1		68.6		44.3		130	
2013	1	1	0		13.7		49		117.5		82		136		165.7		121.4		69.1		73.8		85.6		7		165.7	
2014	1	1	0.3		70.9		5.3		55.8		135		57.3		82		87.6		52		61.8		30.4		21.2		135	
2015	1	1	10.5		13.9		25		61.4		81.2		68		63.5	3	70.8		129.2		54.9		117		19.2		129.2	3
2016	1	1	0		5.8		64.6		79.4		50.8		62.8		73.5		109.6										140	3
2017	1	1	10.6		113.8		63.7		86.7		78.8		103.6		86.1		40		80		95.7		85.5		5.9		113.8	
2018	1	1	25		1.3		71.5		71.5		104.3		57.1		54.1		62.7		86.8		55.8		42		0		104.3	
2019	1	1	0		0		52.9		84		70.6		64.9		43		45		53.8		88		67.6		24.8		88	
2020	1	1	6.8		7.8		6.3		0		0		0		0		0		69.5		122.6		124.7		33.3		124.7	
MEDIO			6.4		29.0		42.5		74.5		81.2		83.8		75.8		68.8		79.5		75.1		55.4		20.0		57.7	
MAXIMOS			35.0		113.8		146.0		131.0		136.3				170.1		121.4		140.0		155.0		187.0		85.0		187.0	
MINIMOS			0.0		0.0		3.3		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		30.8		29.8		0.4		0.0		0.0	

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

FECHA DE PROCESO : 2019/02/08

ESTACION : 35215010 APTO YOPAL

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1																								0.2	0.2	3
1975	2	1	0		0		20		220.8	8	275.2	8	148		258.3	8	202.7	8	213.8	8	193.6	8	86.1	8	0	8	1618.5	
1976	2	1	0	8	0	8	35.6	8	230.1	8	292.2	3	254.4	8	270.4	8	214.7	8	225.6	8	205.3	8	97.7	8	70.6		1896.6	3
1977	2	1	0	3	8.7	8	4.7	8	177.4	3	289.2	8	256.7	8	271.8	8	215.2	8	225.2	8	204	8	95.5	8	0	8	1748.4	3
1978	2	1	0	8	6.9	8	102.3	3	233.3	8	52.6	3	42.2	3	21.5	3	304	3	352.3		274.1	3	219.1		26.9		1635.2	3
1979	2	1	5.2		0		215.8	3	583.5	3	479.4	3	344.6	3	119.4	3	270.5	3	309.1	3	354.3		208.1				2889.9	3
1980	2	1		4	0	3	84.5		262		524.5			4	373	8			338.8		445.9	3	119.7	3	25.9		2174.3	3
1981	2	1	0		261.7		126.9		309.9		541.9		558.1		551.4		269.3		342.5		225.1		66.1		96.4		3349.3	
1982	2	1	0		2.1		102.7		653.5		409.9	3	377.3		314.4		287.5		234.7	3							2382.1	3
1983	2	1	1	3	183		147.1		292.9		250.6		330		478.6		464.2		351.7		374.6		79.4	3	26.8	3	2979.9	3
1984	2	1	9.9		78.3	8	110	8	301.2	8	354	8	319.1	8	332	8	236.8	3	390.1		81.2		321.3		0		2533.9	3
1985	2	1	14.8	8	50.1	8	81.2	8	271.7	8	323.8	8	288.4	8	300.1	8	289.9		190.5		186.3		240.1		0		2236.9	
1986	2	1	0		0		45.4		79.7		167		226.2		162.5		107		154.1		135.1		129.2		35.3		1241.5	
1987	2	1	25.1		57.8		42.9		381		273.3		396.4		395.1		290.1		192		241.7		194.9		43		2533.3	
1988	2	1	0		3.4		16.5		223.8		499.3		259.5		248		453.5		440.2		295.6		219.8		12.4		2672	
1989	2	1	37.2		53.2		26.1		105.3		517.4		349.3		197.8		308.4		212		157.7		101.6		0		2066	
1990	2	1	3	*			94.5		246.7	3	155.8	3	231.6	3	255.2		264.8		258.3		174.1		127.9		1.5		1813.4	3
1991	2	1	3.2		13.3		49.3	8	242.2	8	313.8		228		404.1		166.6		240.5		172	3	65.7		0		1898.7	3
1992	2	1	0		0		65		157.5	3	283	8	249.8	8	191.5		135.3		155.7		149.7		83		0		1470.5	3
1993	2	1	11		22.8		120.6		218		247.7		255		394.3		167.8		418.3		367		102.5		0		2325	
1994	2	1	0		56.2		66.6		245.5		347.8		367.4		214.1		251.1	8	261.6	8	240.8	8	132.7	8	24	8	2207.8	
1995	2	1	7	8	45.5	8	79.9	8	273.7	8	329.1	8	297	8	312.5	8 *	157		365		52		52	8	32	8	1950.7	3
1996	2	1	16.3	8	56.1	8	91.7	8	286.9	8	421.7		451.7		470.7		98.3	6	235.8		349.1		72.4		54.1		2604.8	
1997	2	1	0		103.3		53.9		312.4		312.4		159.5		302.3		258.7		150.4		95.1		91.5		0.3		1839.8	
1998	2	1	31		44		68.9		228.2		199.9		339.5		613.7		267.7	8	295		385.1		48.4		8.8		2530.2	
1999	1	1	9.8		225.7		27.7				299.7		287		224.9		224.9		375.4		271.8		93.4		1.2		1816.6	3
2000	1	1	31.8		15.4		220.5	3	184.2		488		160.8		369.2		419.3		363.8		297.1		124.1		70		2744.2	3
2001	1	1	0		1.6		53.5		144.1		418.5		232.4		283.6		192.3		273.2		227.7		185.9		169		2181.8	
2002	1	1	2.1		0		289.7		243.1		249.5		394.7		372.5		459.1		389.5		99.7		83.3		75.3		2658.5	
2003	1	1	0		4.1		125.1		274.5		397.4		341.6		224.2		292.3		470.8		365.7		184.4		74.9		2755	
2004	1	1	0		72.4		119.1	3	319.9		378.5		315.7		374.6		369.5		303.8								2253.5	3
2005	1	1	3.9		118.3		46		324		413.9		411		164.9		351.5		190.4		207		150.6		1.8		2383.3	
2006	1	1	31	3	0		222.2		140.1		571		287.2		422.5		386.9		206.1		291.3		275		2.4		2835.7	3
2007	1	1	0		33.2		240.6		167.9	3	545.3		278.9		208.9		193.7		264.3		287.9		59		4.8	3	2284.5	3
2008	1	1	0.1		7.4		19.3		285.2		450		450.5		343.7		209		183.8	3	219.6		129.8		2.1		2300.5	3
2009	1	1	51		17.5		93		188.2		248.6		568.7		282.6		443.4		202.6		144.5		130.3		8.8		2379.2	
2010	1	1	0		31.1		191.7		361.5		390.5		308.7		439.1		200.7		205.1		287.8	3	194.3		51.1		2661.6	3
2011	1	1	13.1		66.7		29.1		399.9		691.1		231.9		310.8		241.2		321.7		273		225.7		79.7		2883.9	
2012	1	1	0		24.3		290.3	3	450.2		358.8		366.1		536.7		336.4	3	156.6		495.4		138		92.1		3244.9	3
2013	1	1	0		6.3		135.8		197.2		337.4		168.4		427.9		194.3		157.6		189.8		227.6		22.2		2064.5	
2014	1	1	0		25.9		2		316		205.5	3	330.6		431		323.7		176.6		297.1	3	117.6		7.9		2233.9	3
2015	1	1	25.6		35.6		27.6		373.4		192.8		420.2		338.5		126.9		208.8		179.8		224.8		33.2		2187.2	
2016	1	1	0		12.9		119.9		404.8		471.6		272		506		229.5		329.7		237.9		359.2	3			2943.5	3
2017	1	1	21.8		91.8		154.6		111.2		298.1		430.5		318.1		242.6		392		227.4		102.2		23		2413.3	
2018	1	1	72.1		0		175.3		194.3		236		328.7		401.7		244.9		181.1		344.6		60.3		4.8		2243.8	
2019	1	1	0		0		172.2		173.4		319.6		399.2		205.8		424.1		191		236.6		156.7		34.2		2312.8	
2020	1	1	0.9		2.2		9.3		307.9		367		423.6		345		183.2		289.9		295.3		217.5		18.9		2460.7	
MEDIO	S		9.51		40.86		100.36		268.85		353.12		314.46		327.11		268.49		264.76		253.40		145.33		28.73		2374.98	
MAXIMO	OS		72.1		261.7		290.3		653.5		691.1		568.7		613.7		464.2		470.8		495.4		359.2		169		691.1	
MINIMO	OS		0		0		2		79.7		52.6		42.2		21.5		98.3		150.4		81.2		48.4		0		0	

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION

FECHA DE PROCESO : 2019/02/08

ESTACION : 35215010 APTO YOPAL

LATITUD 519 N TIPO EST CP  
 LONGITUD 7223 W ENTIDAD 1 IDEAM  
 ELEVACION 325 m.s.n.m. REGIONAL 6 BOYAC-CASANA

DEPTO BOYACA  
 MUNICIPIO YOPAL  
 CORRIENTE CRAVO SUR

FECHA-INSTALACION 1974-NOV  
 FECHA DE SUSPENSIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1																							1	1	3	
1975	2	1	0		0		4						7														11	3
1976	2	1									6	3												3			9	3
1977	2	1	0	3					8	3																	8	3
1978	2	1					4	3			15	3	19	3	11	3	9	3	18		12	3	12		3		103	3
1979	2	1	1		0		10	3	17	3	16	3	22	3	10	3	13	3	17	3	16		15				137	3
1980	2	1		4	0	3	7		17		20		4						17		18		7		2		88	3
1981	2	1	0		11		4		22		21		21		21		20		17		12		10		4		163	
1982	2	1	0		3		10		22		13	3	19		23		19		15	3							124	3
1983	2	1	1	3	5		9		20		20		20		22		25		20		20		8	3	4	3	174	3
1984	2	1	3														11	3	11		16		16		0		57	3
1985	2	1															22		22		15		13		0		72	3
1986	2	1	0		0		2		8		8		11		10		9		9		6		4		2		69	
1987	2	1	6		6		7		18		17		15		18		22		16		19		13		6		163	
1988	2	1	0		2		3		10		17		18		16		20		18		17		17		2		140	
1989	2	1	1		3		6		13		24		20		17		17		17		14		9		0		141	
1990	2	1	1	*			10		12	3	12	3	13	3	19		18		14		14		9		2		124	3
1991	2	1	1		3				17				18		28		22		16		10	3	7		0		122	3
1992	2	1	0		0		3		10	3					11		8		9		12		4		0		57	3
1993	2	1	1		2		13		10		17		22		20		20		15		15		12		0		147	
1994	2	1	0		4		12		19		18		17		21												91	3
1995	2	1														*			13		13		8				34	3
1996	1	1									17		12		19		12		19		16		8		4		107	3
1997	2	1	0		9		3		13		17		9		20		14		9		8		5		1		108	
1998	1	1	1		11		13		14		10		17		18				14		17		10		31		156	3
1999	1	1	5		14		7						23		21		20		19		19		14		5		147	3
2000	1	1	3		5		8	3	17		27		18		21		22		18		22		10		8		179	3
2001	1	1	0		2		9		14		23		22		20		20		18		12		8		8		156	
2002	1	1	1		0		11		15		20		24		24		21		17		16		13		2		164	
2003	1	1	0		2		11		22		23		23		21		16		16		21		15		6		176	
2004	1	1	0		6		9	3	24		26		20		22		25		16								148	3
2005	1	1	5		6		7		25		26		22		18		23		15		20		17		1		185	
2006	1	1	6	3	0		12		16		23		22		23		24		15		18		14		3		176	3
2007	1	1	0		1		11		15	3	25		26		17		23		15		21		9		4	3	167	3
2008	1	1	1		3		3		17		24		25		21		19		19	3	14		9		3		158	3
2009	1	1	5		5		10		8		16		21		24		24		13		15		7		1		149	
2010	1	1	0		4		19		23		21		22		23		18		17		19	3	18		5		189	3
2011	1	1	3		5		8		19		27		22		19		18		18		13		15		6		173	
2012	1	1	0		7		17	3	22		21		23		29		21		12		23		9		5		189	3
2013	1	1	0		5		11		13		20		17		20		15		19		14		13		4		151	
2014	1	1	0		4		5		17		15	3	17		23		17		13		20	3	11		1		143	3
2015	1	1	5		7		6		20		14		22		20		18		12		14		13		4		155	
2016	1	1	0		3		10		13		22		21		27		17		19		16		10	3			158	3
2017	1	1	6		3		11		15		24		25		19		18		17		16		10		2		166	
2018	1	1	5		0		9		23		21		28		30		23		16		17		10		1		183	
2019	1	1	0		0		12		17		26		24		24		23		14		16		15		5		176	
2020	1	1	1		1		4		4		24		23		28		17		20		20		17		7		166	
MEDIO	S		2		4		8		16		19		20		20		19		16		16		11		4		154	
MAXIM	OS		6		14		19		25		27		28		30		25		22		23		18		31		31	



MINIEM

OS

0

0

2

4

6

7

10

8

9

6

4

0

0

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2019/02/08

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

ESTACION : 35215010 APTO YOPAL

LATITUD 519 N  
LONGITUD 7223 W  
ELEVACION 325 m.s.n.m.TIPO EST CP  
ENTIDAD 1 IDEAM  
REGIONAL 6 BOYAC-CASANADEPTO BOYACA  
MUNICIPIO YOPAL  
CORRIENTE CRAVO SURFECHA-INSTALACION 1974-NOV  
FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1																							0.2		3	
1975	2	1	0		0		10.2						65														3	
1976	2	1									150.4	3													50		150.4	3
1977	2	1	0	3					62	3																	3	
1978	2	1					40	3			10	3	7	3	6	3	100	3	56.4		57.4	3	45.6		18.8		100	3
1979	2	1	5.2		0		72.2	3	107.4	3	120.2	3	45.2	3	24.6	3	91.6	3	92.6	3	96.2		114	1			120.2	3
1980	2	1		4	0	3	45.2	1	52.1	1	138.3	1			4				105		135	3	77.5	3	23.6		138.3	3
1981	2	1	0		77.2		80.8		87.3		123.9		104.8		112.9		51		103		62.8	1	25		45		123.9	
1982	2	1	0		1.5		53		117.7		98.3	3	102		31.2		75.6		71.4	3							117.7	3
1983	2	1	1	3	74.5		41.4		91.8		38.5		53.7		111.3				77.2		95		78.5		25.2	3	15.5	3
1984	2	1	5.6														87	3	100		19		137		0		137	3
1985	2	1															48.2		28	1	60.5		89		0		89	3
1986	2	1	0		0		44.7		31.5		110.4		96.7		68.6		34.1		108.8	1	40.5		61		27.7		110.4	
1987	2	1	18.9		24.3		24		77.4		68.4		112.2				36.2		28.4		62.6		57.9	1	23	1	112.2	3
1988	2	1	0		2.1		15.7		77.5		93		60.5	1	64.3	1	78.5		77.6		105.6		60		10.4		105.6	
1989	2	1	37.2		38		11		40		87.8		91.2		37.7		58		60		67		67.5		0		91.2	
1990	2	1	3	*			43				72.5	3	44.5	3	60		100.5		90.5		74		50		1		100.5	3
1991	2	1	3.2		10						74.7		33.4		89		49		63		64	3	30		0		89	3
1992	2	1	0		0		35		42	3					47.5		50		67		49.4		49		0		67	3
1993	2	1	11		13		23		74		77		47.6		46.5		39		65.7		50		35		0		77	
1994	2	1	0		45.5		25.1	1	70.9		75		94.1		42												94.1	3
1995	2	1															*		45		136		24				136	3
1996	1	1									87.5		122				29		62		146.8		60.1		37		146.8	3
1997	2	1	0		46.7		47.5		72.5		89.5		53		46		106.6		72.1	1	47.5		42.7		0.3		106.6	
1998	1	1	31		17		35.1		72		50.8		67		82				54.5		84.8		16.6		0.6		84.8	3
1999	1	1	3.3		67.8		9.8						47.2		55.7		80.2		64.1		46		22.6		0.5		80.2	3
2000	1	1	21.7		11		102.7	3	63		85.7		32.1		79.5		113		115.8		64.6		92.5		32.3		115.8	3
2001	1	1	0		1.1		22.3		35.7		88.6		58.7		53.8		32.7		87.5		106		98.2		60.4		106	
2002	1	1	2.1		0		120.8		115.3		47.5		77.8		62.8		74.4		84.7		19.4		27.6		49.6		120.8	
2003	1	1	0		3.3		41.8		80		130		62.9		39.3		78.9		170.2		93.8		50.3		27.8		170.2	
2004	1	1	0		52.7		71.7	3	75.1		54		54.7		72.4		95.2		68.2								95.2	3
2005	1	1	2.3		68.8		38.6		49.6		130.1		96.8		72.8		73.6		53		72.2		38.3		1.8		130.1	
2006	1	1	25.4	3	0		76.4		27.9		92.6		72		67.9		72.8		61.5		107.8		131.9		1.2		131.9	3
2007	1	1	0		33.2		110.4		46.9	3	95.2		55.7		47		39.8		55.8		56		27.8		2.8	3	110.4	3
2008	1	1	0.1		7.1		14.5		128.8		66.2		66		67		51.8		69.4	3	56.1		48.9		1.3		128.8	3
2009	1	1	22.4		12.9		29				54.8		124.9		49.8		69.5		56.1		38.6		54.4		8.8		124.9	3
2010	1	1	0		25.6		39.1		91.7		58.1		39		95.4		32.8		39.3		50.6	3	44.6		32.6		95.4	3
2011	1	1	6.8		39.3		8.8		70.8		274.6		46.6		59.5		46.1		53.2		115.7		59		70.2			
2012	1	1	0		9.5		87.9	3	129.5		76		89.2		139.4		56.4	3	31.5		79.5		36		56.9		139.4	3
2013	1	1	0		4		42.2		72.5		61.5		32.1		122.4		78.5		35.8		46.5		126.1		13.7		126.1	
2014	1	1	0		11.3		0.7		70.1		47.5	3	68.4		123		77.5		53.8		100.3	3	79.5				123	3
2015	1	1			22.3				89.5		82.3		83.6		48		28		100.2		42.9		132.6		23		132.6	3
2016	1	1	0		9.1		44.2		90.6		129		43.1		87.8		69.7		116.6		66.5			3			129	3
2017	1	1	6.8		88.7		68.1		30.7		36.4		76.2		144.1		57		83		58.6		58.7		12		144.1	
2018	1	1	32.1		0		70.8		27.4		57.1		40.1		104.5		39.5		33.4		143		38.3		4.8		143	
2019	1	1	0		0		90.2		47.2		59.5		104		53.5		133		64.3		90.3		57		16.2		133	
2020	1	1	0.9		2.2		7.3		305.6		68.3		92.8		96.7		33.8		74.1		101.1		62.8		10			
MESES			6		22		46		78		86		68		71		65		72		75		60		18		56	
MAXIMOS			37		89		121		306		275		125		144		133		170		147		137		70		306	
MINIMOS			0		0		1		27		10		7		6		28		28		19		17		0		0	

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

ESTACION : 35210010 MORRO EL

LATITUD		527	N	TIPO EST	PM	DEPTO	CASANARE	FECHA-INSTALACION												1974-NOV								
LONGITUD		7227	W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	YOPAL	FECHA DE SUSPENCIÓN																				
ELEVACION		656	m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYAC-CASANA	CORRIENTE	CRAYO SUR																					
AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1																										
1975	2	1	0		18		141		96		556		550	*			597		369		584	*	235		0		0 3	
1976	2	1	5		65		50	3	459		534		399		435		235		324		231		243		0		3349 3	
1977	2	1	0		0		65				343		516		509		488				462		318		0		2701 3	
1978	2	1	9		10		293		583		401		440		368		494		27		463		144		23		3255	
1979	1	1	2		4		173		549		487		590		339		362		375		663		508		80		4132	
1980	2	1	0		0		180		393		622		729		593		558		520		575		164		35		4369	
1981	2	1	0		323		168		497		789		580		502		315		661		330		116		36		4317	
1982	2	1	0		1		130.5		484.1		490.1		618		486		390		420.4		314		57.6		99		3490.7	
1983	2	1	6		280.1		136.9		519.2		578.5		345.5		522.5		716.5		487.8		444.9		70.4		4.5		4112.8	
1984	2	1	22.2		70.7		36		239.7		236		555		620.9		735		542.5		171.9		260.4		8.4		3498.7	
1985	2	1	0		1.1		46.6		226		430.7		682.8		438.8		444.8		391.6		138.5		256.4		2.1		3059.4	
1986	2	1	50		106.3		81.9		324.8		690.2		445.1		457.4		479.6		382		256.6		139.8		33.1		3446.8	
1987	2	1	51.2		93.3		77.9		415.2		344.4		476.7		424.9		557.9		590.5		685.4		281.5		101		4099.9	
1988	2	1	7.2	8	70.3	8	114.9	8	372.8	8	514.7	8	507.5	8	477.9	8	455.9	8	438.4	8	388.8	8	194.1	8	23.1	8	3565.6	
1989	2	1	34.5		53.9		29.3		119.3		631.6		358		365.9		528.5		475.5		416.5		152.5		0		3165.5	
1990	2	1	25		48		122.7		451.3		390.5		481.9		305.8		357.3		443.4		332.5		321.5		14		3293.9	
1991	2	1	0		63.5		162		235		685.5		340.5		540.5		428.5		487.5		481.5		165		0		3589.5	
1992	2	1	26		81		61		459.8		371		472		428.1		353.4		570.7		339.7		158.7		0		3321.4	
1993	2	1	48.5		29.6		211.7		452.4		600.5		542.5		653.6		293.6		480.1		442.5		228.4		2.3		3985.7	
1994	2	1	3.4		79.7		99.4		352.9		645.6		594		472		625		475		465		99		27		3938	
1995	2	1	2		10		146		547		552		666		496										46		2465 3	
1996	2	1	5		273		110		320		408								510		562		138		111		2437 3	
1997	2	1	10		102		55		252		521		434		577		269		269		222		281		0		2992	
1998	1	1	0	3	0	3	0	3	514		755		624		752		536		549		276		327		167		4500 3	
1999	1	1	63		258		212		406		354		542		571.9		356		463		331		237		68		3861.9	
2000	1	1	28		27		276		256		505		410		513		464		697		507		170		76		3929	
2001	1	1	0		0		142		246		504		422		352		211		269		116		113		367		2742	
2002	1	1	1		10		203.8		253		213		999		173		155		205		331		250		129.2		2923	
2003	1	1	0		18		245		579		860		648		632		559		495		424		342		84		4886	
2004	1	1	0		66		92		383.1		804.3		539.6		534.5		621.5		547		524		419.7		86.9		4618.6	
2005	1	1	23.3		132.3		53.4		605.4		622.6		686.5		448.6		507.7		540.4		553		337.5		1.9		4512.6	
2006	1	1	82.6		0		130.6		245.5		336.7		603.9		738.5		789.5		273		369		164.9		25.7		3759.9	
2007	1	1	0.6		53.9		207.2		379.8		746.9		510.9		383.7		406.7		372.4		546.9		141.2		75.7		3825.9	
2008	1	1	25.7		11.7		19.8		240.6		556.4		583.4		638.1		341.4		675.5		549.7		227.3				3869.6 3	
2009	1	1	59.4		15.3		34.3		211.3		484.1		539.5		290.3		496		248.1		552		138.9		3.5		3072.7	
2010	1	1	0		79.6		389.1		431.8		654.8		461.7		614.6		457.3		242.7		355.6		276.1		84.4		4047.7	
2011	1	1	7		18		34.2		281.6		630.9		394		417.8		350.9		454.6		397.2		412.9		27.5		3426.6	
2012	1	1	0		2.5		244.4		922.5		489.5		459.8		664.3		374.9		483.6		455.9		110		102.3		4309.7	
2013	1	1	0		5.8		158.1		269.5		389.2		403.8		601		319				189		171.2		49		2555.6 3	
2014	1	1	0.5		39.8		27.9		446.1		269.6		543.3		560.6		413		263.6		301.5		122		47.5		3035.4	
2015	1	1	66.8		95.7		34.5		334.9		244.7		684.2		686.5		570.5		380.5		212.8		257.7		74.4		3643.2	
2016	1	1	0		6.5		140.5																			147 3		
2017	1	1	14		94.7		220		317.2		475.9		771.4		386		269.8		509.3		356.9		186.8		40.6		3642.6	
2018	1	1	43.9		1.5		160.9		492.3		421.4		598.4		370.7		518.8		335.3		460.2		62		0		3465.4	
2019	1	1	1		0		76.7		313.2		618.4		532.7		349.5		486.7		215.6		547.2		201.3		34		3376.3	
2020	1	1	2		7.6		31.6		229.9		421.4		592.9		426.9		212.9		244.4		412.7		488.2		51.6		3122.1	
MEDIO	S		15.8		59.3		126.6		379.7		515.1		542.6		491.1		444.2		421.5		403.1		220.2		54.3		3673.7	
MAXIMO	OS		82.6		323.0		389.1		922.5		860.0		999.0		752.0		789.5		697.0		685.4		508.0		367.0		999.0	
MINIMO	OS		0.0		0.0		0.0		96.0		213.0		340.5		173.0		155.0		27.0		116.0		57.6		0.0		0.0	

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

## VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION

ESTACION : 35210010 MORRO EL

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

LATITUD 527 N TIPO EST PM  
 LONGITUD 7227 W ENTIDAD 1 IDEAM  
 ELEVACION 656 m.s.n.m. REGIONAL 6 BOYAC-CASANA

DEPTO CASANARE  
 MUNICIPIO YOPAL  
 CORRIENTE CRAVO SUR

FECHA-INSTALACION 1974-NOV  
 FECHA DE SUSPENSIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1																				*		0		0	3	
1975	2	1	0		2		6		7		16		17	*			22		13		18		15	14		130	3	
1976	2	1	1		4		9	3	20		19		18		18		15		18		14		10	0		146	3	
1977	2	1	0		0		6				20		24		15		18				19		9	0		111	3	
1978	2	1	2		2		7		18		15		23		22		24		3		19		11	3		149		
1979	1	1	1		1		13		22		18		19		18		16		22		21		19	10		180		
1980	2	1	0		0		4		15		20		19		21		17		17		19		9	4		145		
1981	2	1	0		13		5		21		25		23		19		23		20		16		8	5		178		
1982	2	1	0		1		7		21		25		19		27		21		19		20		5	4		169		
1983	2	1	1		7		8		19		20		22		21		27		22		25		10	5		187		
1984	2	1	4		6		4		14		20		25		15		20		18		15		16	5		162		
1985	2	1	0		2		7		13		15		16		23		20		20		10		16	1		143		
1986	2	1	3		7		6		16		18		20		19		20		14		17		11	6		157		
1987	2	1	3		8		5		15		14		12		15		16		25		28		13	7		161		
1989	2	1	1		5		8		19		24		20		23		12		9		15		8	0		144		
1990	2	1	3		5		12		15		18		22		21		18		18		18		19	3		172		
1991	2	1	0		4		7		13		20		16		17		12		17		16		13	0		135		
1992	2	1	2		3		5		13		17		12		16		11		10		11		8	0		108		
1993	2	1	3		3		13		17		18		16		23		24		17		15		10	1		160		
1994	2	1	2		5		15		19		25		20		18		21		16		15		8	1		165		
1995	2	1	1		1		9		15		17		17		18								4			82	3	
1996	2	1	2		13		7		15		18								20		15		7	6		103	3	
1997	2	1	1		8		2		16		18		12		17		8		9		6		8	0		105		
1998	1	1	30	3	20	3	23	3	19		23		20		25		13		16		9		10	5		213	3	
1999	1	1	5		13		5		18		23		17		18		22		17		20		17	6		181		
2000	1	1	2		3		8		11		26		18		19		13		19		20		10	9		158		
2001	1	1	0		0		5		11		19		16		19		10		13		6		5	13		117		
2002	1	1	1		1		12		17		21		24		12		8		10		10		16	8		140		
2003	1	1	0		2		14		19		23		26		22		23		15		21		18	10		193		
2004	1	1	0		7		11		24		27		24		23		23		19		26		21	9		214		
2005	1	1	9		8		11		30		30		27		24		24		23		17		14	2		219		
2006	1	1	6		0		17		18		26		29		29		28		15		18		14	5		205		
2007	1	1	1		2		14		23		30		21		21		23		22		24		8	5		194		
2008	1	1	4		4		6		11		28		27		29		21		23		24		11			188	3	
2009	1	1	5		2		5		16		18		21		22		25		17		21		6	1		159		
2010	1	1	0		5		17		19		26		20		25		21		14		19		13	8		187		
2011	1	1	2		2		5		18		29		24		19		21		21		19		21	4		185		
2012	1	1	0		3		15		26		23		19		25		17		14		21		8	3		174		
2013	1	1	0		3		13		12		21		18		25		15				15		8	3		133	3	
2014	1	1	1		3		6		22		11		21		24		21		15		19		14	6		163		
2015	1	1	5		3		8		17		16		23		22		20		13		16		14	4		161		
2016	1	1	0		3		7																			10	3	
2017	1	1	3		4		10		14		22		29		22		19		12		17		12	2		166		
2018	1	1	5		2		7		27		21		23		29		20		18		22		8	0		182		
2019	1	1	1		0		11		18		26		18		17		21		14		21		16	5		168		
2020	1	1	1		1		5		8		25		24		22		19		16		16		20	8		165		
MEDIO	S		2		4		9		17		21		20		21		19		16		18		12	4		165		
MAXIM	OS		30		20		23		30		30		29		29		28		25		28		21	14		30		
MINIM	OS		0		0		2		7		11		12		12		8		3		6		5	0		0		

## I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

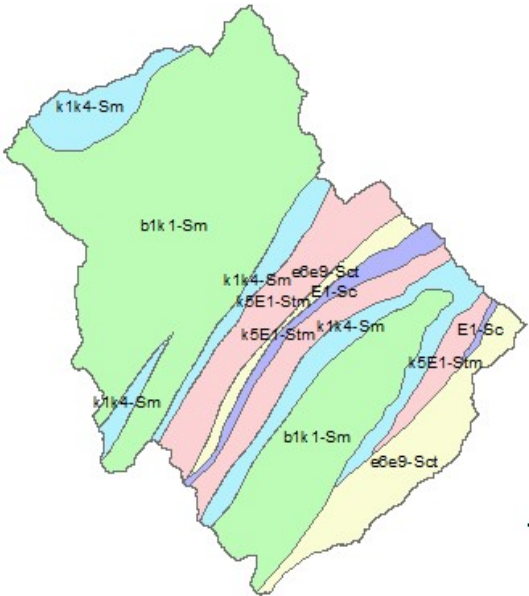
## VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

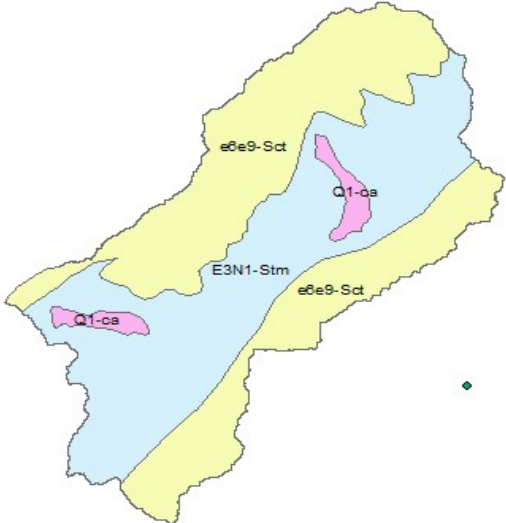
ESTACION : 35210010 MORRO EL

FECHA DE PROCESO : 2020/12/31

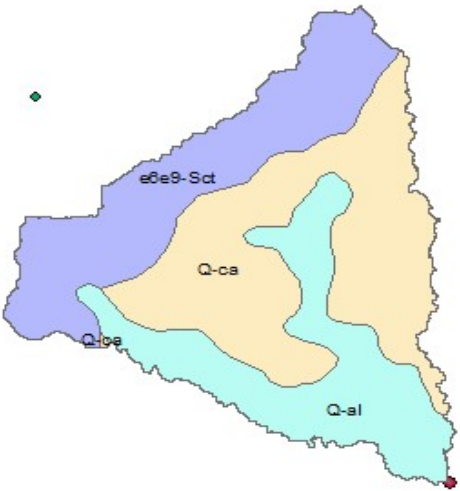
LATITUD 527 N  
LONGITUD 7227 W  
ELEVACION 656 m.s.n.m.TIPO EST PM  
ENTIDAD 1 IDEAM  
REGIONAL 6 BOYAC-CASANADEPTO CASANARE  
MUNICIPIO YOPAL  
CORRIENTE CRAVO SURFECHA-INSTALACION 1974-NOV  
FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974	2	1																					*			0		3
1975	2	1	0		15		42		22		87		152	*			85		65		76		80		75		152	3
1976	2	1	5		25		17	3	69		160		72		69		50		54		40		94		0		160	3
1977	2	1	0		0		25				50		100		89		103				185		65		0		185	3
1978	2	1	6		9		100		137		98		60		76		68		20		82		59		20		137	
1979	1	1	2		4		41		70		134		118		53		85		44		135		97		18		135	
1980	2	1	0		0		96		100		85		149		125		108		110		120		42		25		149	
1981	2	1	0		55		97		92		76		91		110		47		80		57		30		26		110	
1982	2	1	0		1		33.5		92.2		95.6		123.5		90		125		90.5		43		31.3		65		125	
1983	2	1	6		90		48.1		98.5		91.2		46		110.2		91		58		60		24.5		3		110.2	
1984	2	1	14.7		26.4		12.2		47		80.2		81		91		117.5		106		38		56		7.5		117.5	
1985	2	1	0		0.6		23.5		52		63		98		47		52.5		70.7		59		70		2.1		98	
1986	2	1	28		37.8		25		87.5		121		78.4		106		80		85		53.8		23		12		121	
1987	2	1	32		26		31.2		66		80.8		104		56		130		105		110		50		37		130	
1989	2	1	34.5		24.1		7.5		14		75		104.5		65		76		100		103		36		0		104.5	
1990	2	1	13		21		23.5		82		75.5		63		43.5		66.6		87		42.5		117.5		9.5		117.5	
1991	2	1	0		39.5		82		51.5		133		56.5		90		113		100		130		26		0		133	
1992	2	1	21		40		25		75		45				63.2		133.7		110		74.5		38		0		133.7	3
1993	2	1	30		13.6		49		80		110.1		101		100.5		35.3		96.2		102.3		74.5		2.3		110.1	
1994	2	1	2		48		18		54.7		76.3		93		68		95		110		124		51		27		124	
1995	2	1	2		10		42		93		104		100		80										20		104	3
1996	2	1	4		85		45		60		135								99		140		81		46		140	3
1997	2	1	10		45		40		63		65		97		110		70		72		80		74		0		110	
1998	1	1	0	3	0	3	0	3	75		131		98		146		140		135		125		81		81		146	3
1999	1	1	15		75		70		51		83		90		86		57		87		63		30		29		90	
2000	1	1	27		25		135		89		76		55		130		110		100		125		91		17		135	
2001	1	1	0		0		44		68		110		115		80		70		60		40		80		61		115	
2002	1	1	1		10		63		40		31		140		51		40		60		60		43		42.2		140	
2003	1	1	0		10		85		130		120		75		111		80		88		62		35		28		130	
2004	1	1	0		25		25		72.5		100		75		83		120		72		72		83.4		33		120	
2005	1	1	12		53		21		42		85.3		59.4		63.5		60		62		79		54.5		1		85.3	
2006	1	1	40.1		0		18		30		23		53		80		70		41		52		40.1		10		80	
2007	1	1	0.6		32.7		52.3		41		61.5				41		46.5		51.8		89.3		49.5		53		89.3	3
2008	1	1	10.8		9.4		10		58.3		41.1		70.5		70		38.3		84.2		50.1		129				129	3
2009	1	1	50		10.3		19.5		35		84.2		73		23.2		69.2		51.2		88.2		41.2		3.5		88.2	
2010	1	1	0		53.3		57		69.3		101.4		67		102.3		51		70		52.3		78.9		23		102.3	
2011	1	1	5		10		15.5		67		101		86		73.5		57.5		54		82.5		45.3		17.5		101	
2012	1	1	0		1		42.8		133		61		60		100		58		75		51		21		58		133	
2013	1	1	0		2.8		32		60		70		78		113		71				55		32				113	3
2014	1	1	0.5		35		10		63.6		56		125.5		120		62		56.7		35		34.5		16		125.5	
2015	1	1	28		75.7		9		80		46.5		110		101		130		65		54		70		31		130	
2016	1	1	0		3.5		48.5																					
2017	1	1	12.5		87.7		91		89		96.4		81.5		70		33		97		99.5		45		20.6		99.5	3
2018	1	1	12		1		61		131		93.2		120		42.5		128.5		89		113.5		21.8		0		131	
2019	1	1	1		0		16		41		118		99.2		75.7		55		46.7		116		32.4		12		118	
2020	1	1	2		7.6		18		68		51		96		73.3		69.4		70.5		103.9		99.3		15.5		103.9	
MINIMO			9.5		25.4		41.5		70.7		85.9		90.6		82.8		79.7		77.5		81.9		57.8		22.3		60.5	
MAXIMO			50.0		90.0		135.0		137.0		160.0		152.0		146.0		140.0		135.0		185.0		129.0		81.0		185.0	
INTERMEDIO			0.0		0.0		0.0		14.0		23.0		46.0		23.2		33.0		20.0		35.0		21.0		0.0		0.0	

DETERMINACION SUELOS					
CUENCA	Subcuenca Alta				
A (Km²)	168.87				
Plancha	192		193		
Tipo de Suelo	Clasificacion	Simbologia	Area		
			km2	%	
Lodolitas grises con intercalaciones medianas de calizas, cuarzoarenitas y lentes delgados de carbon.	Sedimentaria	k1k4-Sm	6.49	3.84%	
Cuarzoarenitas de grano fino a conglomeraticas intercaladas con lodolitas, limolitas siliceas arcillosas y lentes de calizas.	Sedimentaria	k5E1-Stm	12.74	7.55%	
Conglomerados intercalados con arenitas de grano medio a grueso y lodolitas carbonosas	Sedimentaria	E1-Sc	5.02	2.97%	
Arcillolitas y limolitas negras con intercalaciones menores de arenitas y calizas. Segmentos de cuarzoarenitas de grano fino a grueso y conglomerados.	Sedimentaria	b1k1-Sm	23.62	13.99%	
Lodolitas grises con intercalaciones medianas de calizas, cuarzoarenitas y lentes delgados de carbon.	Sedimentaria	k1k4-Sm	1.70	1.01%	
Lodolitas grises con intercalaciones medianas de calizas, cuarzoarenitas y lentes delgados de carbon.	Sedimentaria	k1k4-Sm	11.06	6.55%	
Lodolitas grises con intercalaciones medianas de calizas, cuarzoarenitas y lentes delgados de carbon.	Sedimentaria	k1k4-Sm	4.99	2.95%	
Cuarzoarenitas de grano fino a conglomeraticas intercaladas con lodolitas, limolitas siliceas arcillosas y lentes de calizas.	Sedimentaria	k5E1-Stm	14.79	8.76%	
Arenitas de grano fino a conglomeraticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionalmente, lentes de hierro oolítico y carbon.	Sedimentaria	e6e9-Sct	18.72537	11.09%	
Arcillolitas y limolitas negras con intercalaciones menores de arenitas y calizas. Segmentos de cuarzoarenitas de grano fino a grueso y conglomerados.	Sedimentaria	b1k1-Sm	69.74	41.30%	
Total			168.87	100.00%	

DETERMINACION SUELOS					
CUENCA	Subcuenca Media				
A (Km²)	145.41				
Tipo de Suelo	Clasificacion	Simbologia	Area		
			km2	%	
Abanicos aluviales disectados	Sedimentaria	Q1-ca	2.53	1.74%	
Arenitas de grano fino a conglomeraticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionalmente, lentes de hierro oolítico y carbon.	Sedimentaria	e6e9-Sct	28.80	19.81%	
Abanicos aluviales disectados	Sedimentaria	Q1-ca	1.97	1.36%	
Intercalaciones de arenitas localmente conglomeraticas, lodolitas y arcillolitas. Ocasionalmente, delgadas capas de carbon.	Sedimentaria	E3N1-Stm	67.23	46.23%	
Arenitas de grano fino a conglomeraticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionalmente, lentes de hierro oolítico y carbon.	Sedimentaria	e6e9-Sct	44.88		
Total			145.41	69.13%	

DETERMINACION SUELOS				
CUENCA	Subcuenca Baja			
A (Km²)	110.35			
Tipo de Suelo	Clasificacion	Simbologia	Area	
			km2	%
Abanicos aluviales y depositos coluviales	Sedimentaria	Q-ca	0.08	0.07%
Arenitas de grano fino a conglomeraticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionalmente, lentes de hierro oolitico y carbon.	Sedimentaria	e6e9-Sct	33.54	30.39%
Abanicos aluviales y depositos coluviales	Sedimentaria	Q-ca	46.55	42.18%
Depositos aluviales y de llanuras aluviales	Sedimentaria	Q-al	30.18	27.35%
Total			110.35	100.00%



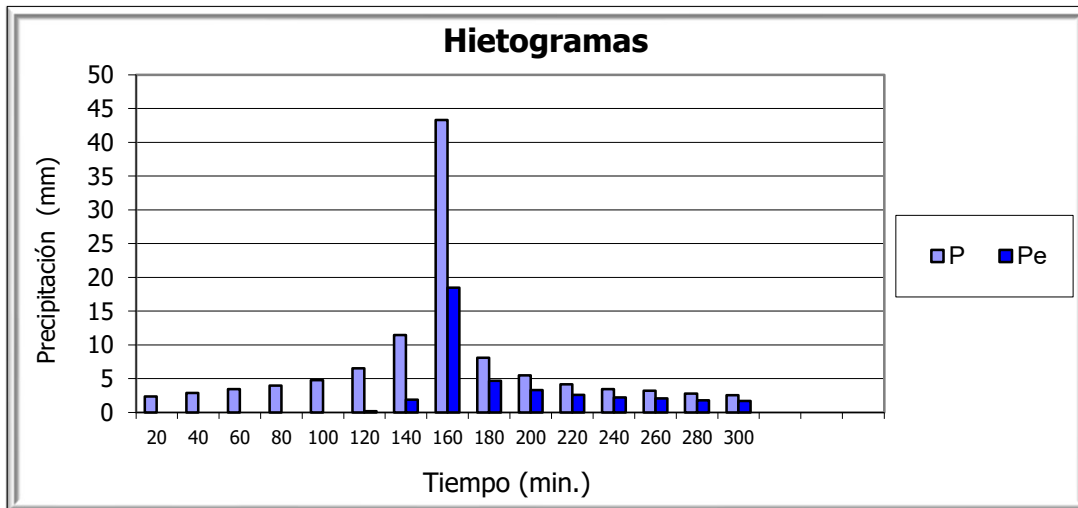


## ANEXO B: HIETOGRAMAS

### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	2 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

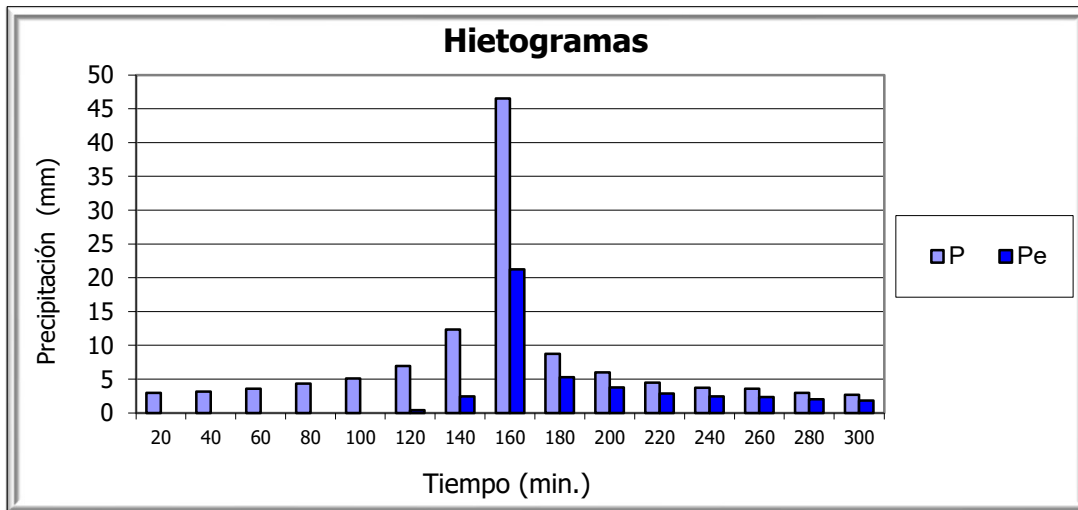
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	2.36	2.14	2.14	2.14	0.00	0.00	0.00
40	2.90	2.64	4.78	4.78	0.00	0.00	0.00
60	3.47	3.15	7.93	7.93	0.00	0.00	0.00
80	3.96	3.60	11.53	11.53	0.00	0.00	0.00
100	4.77	4.33	15.87	15.87	0.00	0.00	0.00
120	6.53	5.93	21.80	17.57	4.04	0.19	0.19
140	11.46	10.41	32.22	17.57	12.55	2.09	1.90
160	43.27	39.32	71.54	17.57	33.43	20.54	18.45
180	8.07	7.33	78.87	17.57	36.11	25.20	4.66
200	5.50	5.00	83.87	17.57	37.78	28.52	3.32
220	4.17	3.79	87.66	17.57	38.98	31.11	2.59
240	3.47	3.15	90.81	17.57	39.94	33.30	2.20
260	3.23	2.94	93.75	17.57	40.80	35.38	2.08
280	2.77	2.52	96.27	17.57	41.51	37.19	1.81
300	2.57	2.34	98.60	17.57	42.15	38.88	1.69



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	3 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

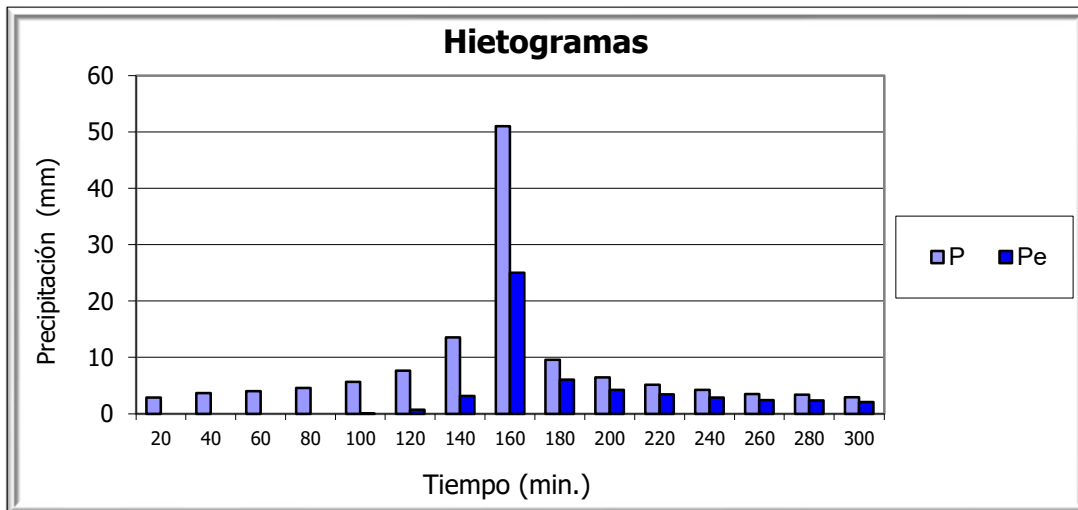
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	2.96	2.69	2.69	2.69	0.00	0.00	0.00
40	3.17	2.88	5.57	5.57	0.00	0.00	0.00
60	3.57	3.24	8.82	8.82	0.00	0.00	0.00
80	4.33	3.93	12.75	12.75	0.00	0.00	0.00
100	5.10	4.63	17.38	17.38	0.00	0.00	0.00
120	6.93	6.30	23.68	17.57	5.72	0.40	0.40
140	12.34	11.21	34.90	17.57	14.47	2.86	2.46
160	46.53	42.28	77.18	17.57	35.51	24.10	21.25
180	8.73	7.93	85.11	17.57	38.18	29.36	5.26
200	5.97	5.43	90.54	17.57	39.86	33.11	3.75
220	4.47	4.06	94.60	17.57	41.04	35.99	2.88
240	3.70	3.36	97.96	17.57	41.98	38.42	2.43
260	3.56	3.24	101.20	17.57	42.84	40.79	2.37
280	2.97	2.70	103.90	17.57	43.54	42.79	2.00
300	2.67	2.43	106.33	17.57	44.15	44.61	1.82



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	5 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

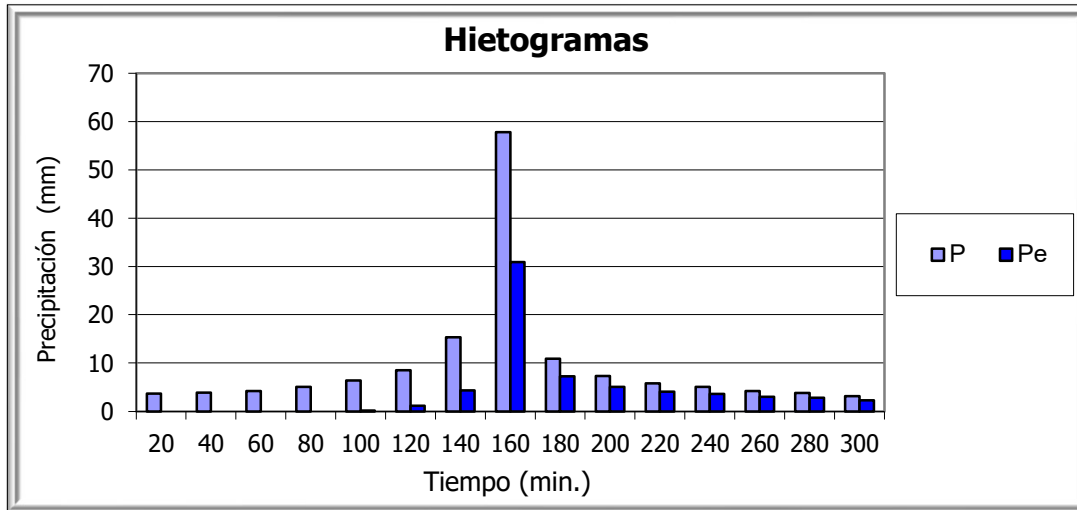
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	2.87	2.61	2.61	2.61	0.00	0.00	0.00
40	3.67	3.34	5.94	5.94	0.00	0.00	0.00
60	3.97	3.61	9.55	9.55	0.00	0.00	0.00
80	4.54	4.13	13.68	13.68	0.00	0.00	0.00
100	5.63	5.12	18.79	17.57	1.21	0.02	0.02
120	7.63	6.93	25.73	17.57	7.47	0.69	0.68
140	13.53	12.30	38.02	17.57	16.59	3.86	3.17
160	51.00	46.35	84.37	17.57	37.94	28.86	24.99
180	9.57	8.70	93.07	17.57	40.60	34.90	6.04
200	6.44	5.85	98.92	17.57	42.24	39.12	4.22
220	5.13	4.66	103.58	17.57	43.46	42.55	3.44
240	4.23	3.84	107.43	17.57	44.42	45.44	2.88
260	3.46	3.14	110.57	17.57	45.17	47.83	2.39
280	3.40	3.09	113.66	17.57	45.89	50.20	2.37
300	2.93	2.66	116.32	17.57	46.49	52.27	2.06



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	10 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

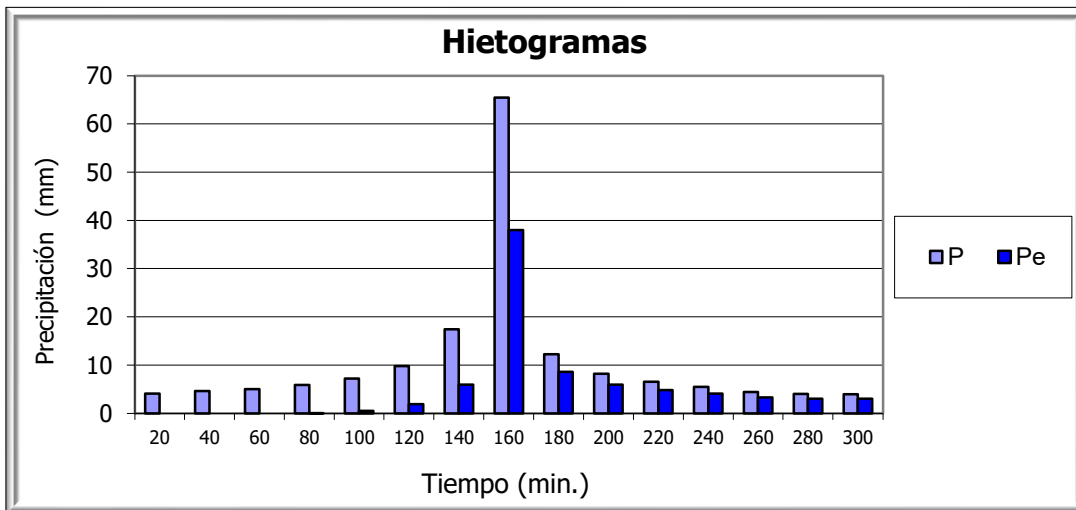
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	3.64	3.31	3.31	3.31	0.00	0.00	0.00
40	3.87	3.52	6.82	6.82	0.00	0.00	0.00
60	4.23	3.84	10.67	10.67	0.00	0.00	0.00
80	5.07	4.61	15.28	15.28	0.00	0.00	0.00
100	6.37	5.79	21.07	17.57	3.36	0.13	0.13
120	8.53	7.75	28.82	17.57	9.97	1.28	1.14
140	15.33	13.93	42.75	17.57	19.57	5.61	4.33
160	57.80	52.53	95.27	17.57	41.23	36.48	30.87
180	10.87	9.88	105.15	17.57	43.86	43.73	7.25
200	7.30	6.63	111.79	17.57	45.46	48.76	5.03
220	5.80	5.27	117.06	17.57	46.65	52.84	4.08
240	5.03	4.57	121.63	17.57	47.63	56.43	3.59
260	4.20	3.82	125.45	17.57	48.42	59.46	3.03
280	3.83	3.48	128.93	17.57	49.11	62.25	2.79
300	3.13	2.84	131.77	17.57	49.65	64.55	2.30



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	20 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

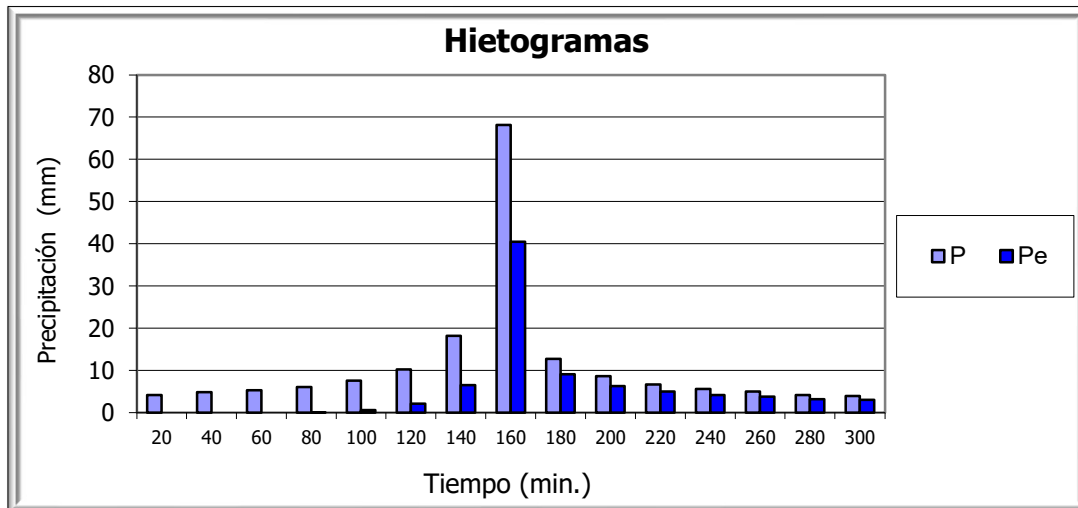
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	4.10	3.73	3.73	3.73	0.00	0.00	0.00
40	4.63	4.21	7.93	7.93	0.00	0.00	0.00
60	5.03	4.57	12.50	12.50	0.00	0.00	0.00
80	5.87	5.33	17.84	17.57	0.27	0.00	0.00
100	7.23	6.57	24.41	17.57	6.35	0.49	0.49
120	9.83	8.93	33.34	17.57	13.37	2.40	1.91
140	17.40	15.81	49.16	17.57	23.23	8.35	5.95
160	65.47	59.50	108.65	17.57	44.72	46.37	38.01
180	12.23	11.11	119.77	17.57	47.24	54.96	8.59
200	8.24	7.49	127.25	17.57	48.78	60.91	5.95
220	6.53	5.93	133.19	17.57	49.92	65.70	4.79
240	5.50	5.00	138.19	17.57	50.83	69.79	4.09
260	4.44	4.03	142.22	17.57	51.53	73.12	3.33
280	4.03	3.66	145.88	17.57	52.14	76.17	3.05
300	3.97	3.61	149.49	17.57	52.73	79.19	3.02



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	25 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

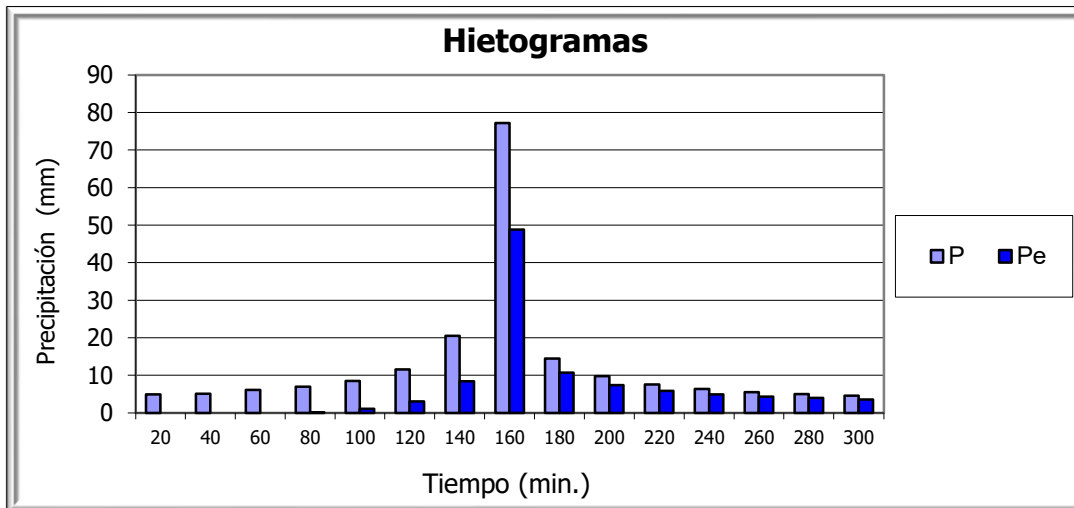
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	4.14	3.76	3.76	3.76	0.00	0.00	0.00
40	4.80	4.36	8.12	8.12	0.00	0.00	0.00
60	5.30	4.82	12.94	12.94	0.00	0.00	0.00
80	6.06	5.51	18.45	17.57	0.87	0.01	0.01
100	7.57	6.88	25.33	17.57	7.13	0.63	0.62
120	10.20	9.27	34.60	17.57	14.26	2.77	2.14
140	18.14	16.48	51.08	17.57	24.26	9.26	6.49
160	68.13	61.91	113.00	17.57	45.74	49.69	40.43
180	12.73	11.57	124.56	17.57	48.24	58.76	9.07
200	8.63	7.84	132.41	17.57	49.77	65.07	6.31
220	6.67	6.06	138.47	17.57	50.88	70.02	4.96
240	5.57	5.06	143.53	17.57	51.75	74.21	4.19
260	5.00	4.54	148.07	17.57	52.50	78.00	3.79
280	4.13	3.75	151.83	17.57	53.10	81.16	3.16
300	3.93	3.57	155.40	17.57	53.65	84.18	3.02



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	50 Años	CN(I) =	54.84
Precipitación:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	CN(II) =	74.30
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	4.87	4.43	4.43	4.43	0.00	0.00	0.00
40	5.07	4.61	9.03	9.03	0.00	0.00	0.00
60	6.10	5.54	14.58	14.58	0.00	0.00	0.00
80	6.96	6.33	20.90	17.57	3.21	0.12	0.12
100	8.50	7.72	28.63	17.57	9.82	1.24	1.11
120	11.53	10.48	39.10	17.57	17.30	4.24	3.00
140	20.53	18.66	57.76	17.57	27.58	12.62	8.38
160	77.20	70.16	127.92	17.57	48.91	61.44	48.82
180	14.47	13.15	141.07	17.57	51.33	72.17	10.73
200	9.77	8.88	149.95	17.57	52.80	79.58	7.41
220	7.57	6.88	156.83	17.57	53.86	85.39	5.82
240	6.37	5.79	162.61	17.57	54.71	90.34	4.94
260	5.53	5.03	167.64	17.57	55.41	94.66	4.33
280	5.00	4.54	172.18	17.57	56.02	98.60	3.94
300	4.53	4.12	176.30	17.57	56.55	102.19	3.59

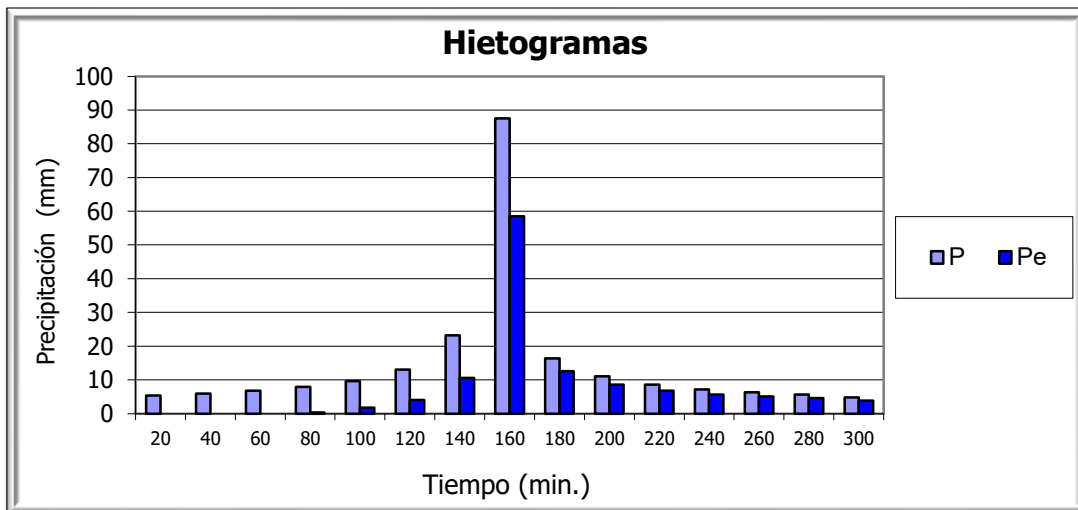




### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA ALTA

Tr =	100 Años	CN(I) =	54.84
Precipitacion:	mm	S(I) =	209.14 mm
Duración:	300 Minutos	<b>CN(II) =</b>	<b>74.30</b>
Incremento:	20 Minutos	S(II) =	87.84 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	86.93
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	38.19 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	17.57 mm

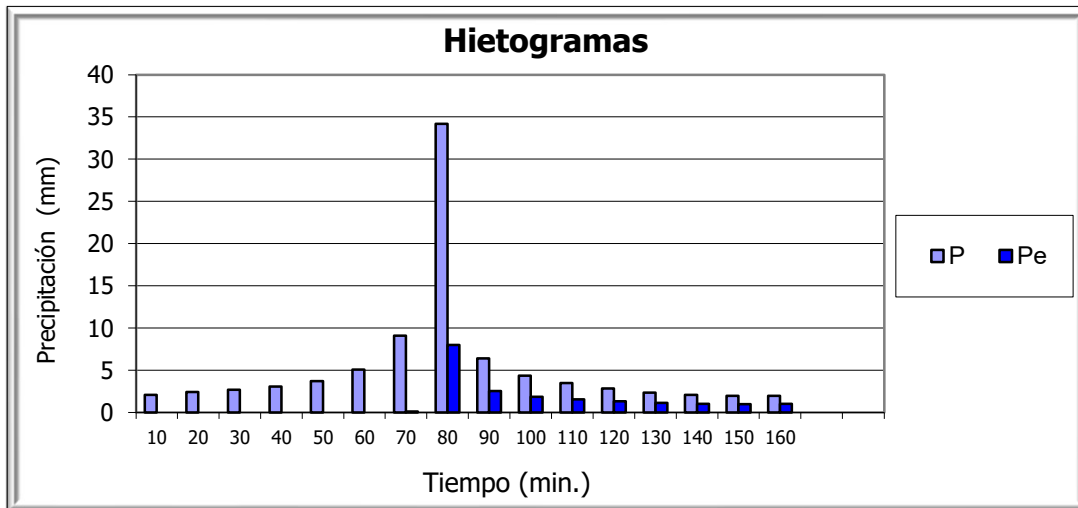
Tiempo (min)	P (mm/20min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
20	5.37	4.88	4.88	4.88	0.00	0.00	0.00
40	5.97	5.43	10.31	10.31	0.00	0.00	0.00
60	6.83	6.21	16.51	16.51	0.00	0.00	0.00
80	7.93	7.21	23.72	17.57	5.75	0.40	0.40
100	9.63	8.75	32.47	17.57	12.74	2.16	1.76
120	13.03	11.84	44.31	17.57	20.50	6.24	4.08
140	23.26	21.14	65.45	17.57	30.99	16.89	10.65
160	87.47	79.49	144.94	17.57	51.99	75.38	58.49
180	16.37	14.88	159.82	17.57	54.31	87.94	12.56
200	11.04	10.03	169.85	17.57	55.71	96.57	8.63
220	8.60	7.82	177.66	17.57	56.72	103.38	6.80
240	7.17	6.52	184.18	17.57	57.52	109.10	5.72
260	6.30	5.73	189.90	17.57	58.18	114.15	5.06
280	5.70	5.18	195.08	17.57	58.76	118.75	4.60
300	4.83	4.39	199.47	17.57	59.24	122.67	3.92



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	2 Años	CN(I) =	49.21
Precipitacion:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

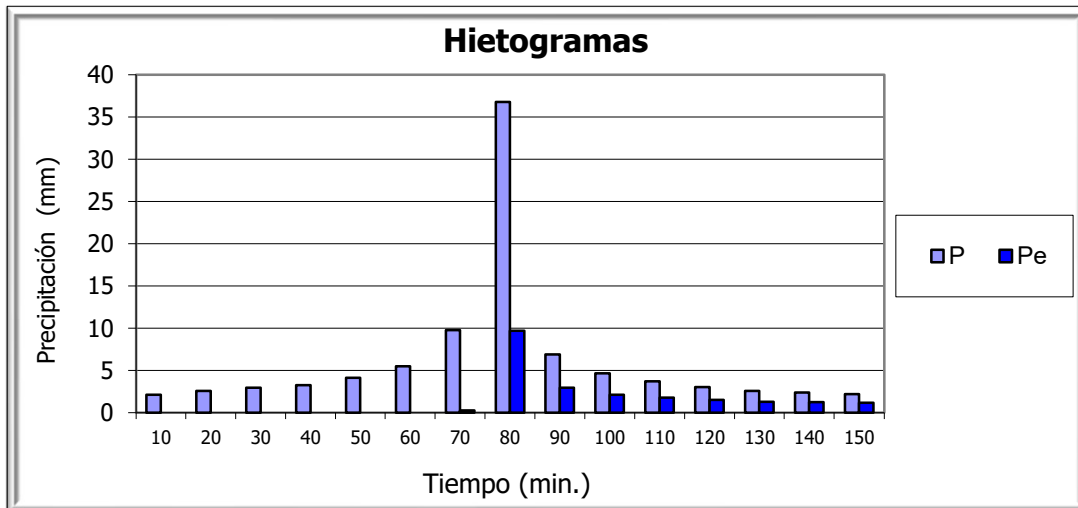
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.09	1.88	1.88	1.88	0.00	0.00	0.00
20	2.42	2.18	4.07	4.07	0.00	0.00	0.00
30	2.68	2.42	6.48	6.48	0.00	0.00	0.00
40	3.06	2.76	9.24	9.24	0.00	0.00	0.00
50	3.72	3.35	12.59	12.59	0.00	0.00	0.00
60	5.08	4.58	17.17	17.17	0.00	0.00	0.00
70	9.10	8.20	25.38	22.02	3.26	0.10	0.10
80	34.17	30.81	56.18	22.02	26.07	8.09	7.99
90	6.38	5.75	61.94	22.02	29.29	10.62	2.53
100	4.35	3.92	65.86	22.02	31.35	12.48	1.86
110	3.47	3.13	68.99	22.02	32.92	14.04	1.56
120	2.82	2.54	71.53	22.02	34.15	15.35	1.31
130	2.35	2.12	73.65	22.02	35.15	16.48	1.12
140	2.08	1.88	75.52	22.02	36.01	17.49	1.02
150	1.98	1.79	77.31	22.02	36.81	18.48	0.99
160	1.98	1.79	79.09	22.02	37.59	19.48	1.00



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	3 Años	CN(I) =	49.21
Precipitacion:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

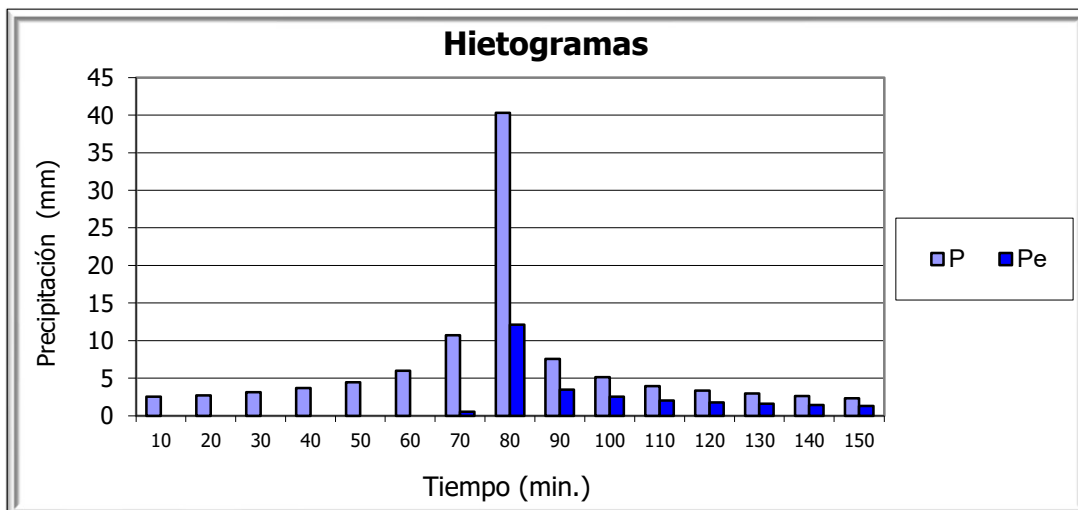
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.10	1.89	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00
20	2.55	2.30	4.19	4.19	0.00	0.00	0.00
30	2.95	2.66	6.85	6.85	0.00	0.00	0.00
40	3.25	2.93	9.78	9.78	0.00	0.00	0.00
50	4.10	3.70	13.48	13.48	0.00	0.00	0.00
60	5.47	4.93	18.41	18.41	0.00	0.00	0.00
70	9.76	8.80	27.21	22.02	4.95	0.23	0.23
80	36.77	33.15	60.36	22.02	28.44	9.90	9.67
90	6.87	6.19	66.55	22.02	31.71	12.82	2.92
100	4.63	4.17	70.73	22.02	33.77	14.94	2.11
110	3.68	3.32	74.04	22.02	35.33	16.69	1.76
120	3.02	2.72	76.77	22.02	36.56	18.18	1.49
130	2.55	2.30	79.06	22.02	37.58	19.47	1.29
140	2.37	2.14	81.20	22.02	38.49	20.69	1.22
150	2.18	1.97	83.17	22.02	39.31	21.83	1.14
160	2.15	1.94	85.11	22.02	40.11	22.98	1.15



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	5 Años	CN(I) =	49.21
Precipitacion:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

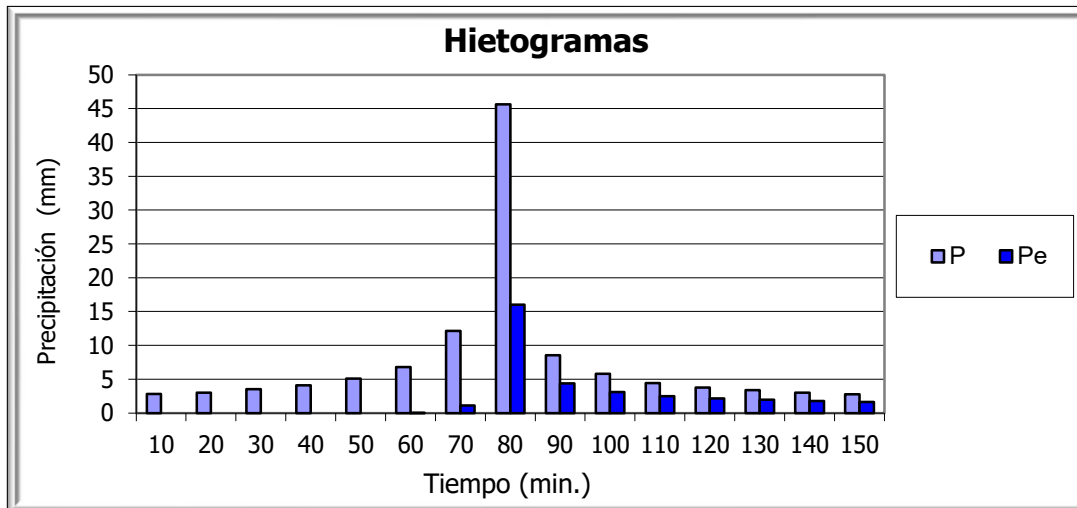
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.51	2.26	2.26	2.26	0.00	0.00	0.00
20	2.68	2.42	4.68	4.68	0.00	0.00	0.00
30	3.12	2.81	7.49	7.49	0.00	0.00	0.00
40	3.68	3.32	10.81	10.81	0.00	0.00	0.00
50	4.43	3.99	14.80	14.80	0.00	0.00	0.00
60	5.98	5.39	20.19	20.19	0.00	0.00	0.00
70	10.70	9.65	29.84	22.02	7.30	0.52	0.52
80	40.30	36.33	66.17	22.02	31.51	12.64	12.12
90	7.55	6.81	72.98	22.02	34.84	16.12	3.49
100	5.14	4.63	77.61	22.02	36.94	18.65	2.53
110	3.95	3.56	81.17	22.02	38.48	20.67	2.02
120	3.32	2.99	84.17	22.02	39.72	22.42	1.75
130	2.95	2.66	86.83	22.02	40.80	24.01	1.59
140	2.62	2.36	89.19	22.02	41.72	25.45	1.44
150	2.32	2.09	91.28	22.02	42.52	26.74	1.29
160	2.22	2.00	93.28	22.02	43.26	28.00	1.26



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	10 Años	CN(I) =	49.21
Precipitacion:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

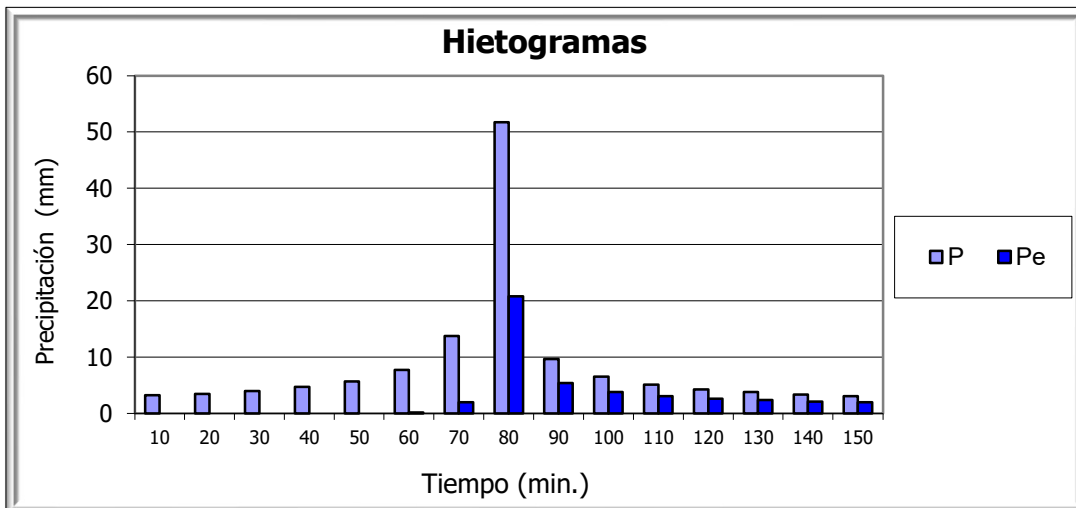
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.80	2.52	2.52	2.52	0.00	0.00	0.00
20	2.98	2.69	5.21	5.21	0.00	0.00	0.00
30	3.53	3.18	8.39	8.39	0.00	0.00	0.00
40	4.10	3.70	12.09	12.09	0.00	0.00	0.00
50	5.08	4.58	16.67	16.67	0.00	0.00	0.00
60	6.78	6.11	22.78	22.02	0.75	0.01	0.01
70	12.15	10.95	33.74	22.02	10.59	1.13	1.12
80	45.65	41.16	74.89	22.02	35.72	17.15	16.02
90	8.55	7.71	82.60	22.02	39.08	21.50	4.35
100	5.79	5.22	87.82	22.02	41.19	24.61	3.11
110	4.43	3.99	91.81	22.02	42.72	27.07	2.46
120	3.77	3.40	95.21	22.02	43.97	29.22	2.15
130	3.39	3.06	98.27	22.02	45.05	31.19	1.97
140	3.00	2.70	100.97	22.02	45.98	32.97	1.77
150	2.75	2.48	103.45	22.02	46.81	34.62	1.65
160	2.32	2.09	105.54	22.02	47.49	36.03	1.41



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	20 Años	CN(I) =	49.21
Precipitación:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	<b>CN(II) =</b>	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

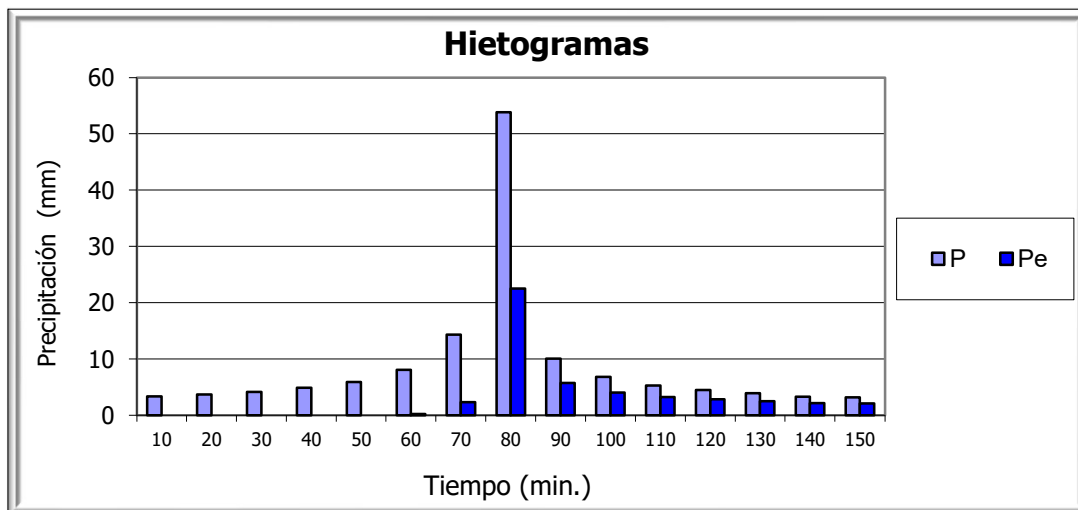
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	3.21	2.89	2.89	2.89	0.00	0.00	0.00
20	3.43	3.09	5.99	5.99	0.00	0.00	0.00
30	3.97	3.58	9.57	9.57	0.00	0.00	0.00
40	4.71	4.25	13.81	13.81	0.00	0.00	0.00
50	5.68	5.12	18.93	18.93	0.00	0.00	0.00
60	7.72	6.96	25.89	22.02	3.74	0.13	0.13
70	13.75	12.40	38.29	22.02	14.17	2.09	1.96
80	51.72	46.63	84.92	22.02	40.03	22.86	20.77
90	9.68	8.73	93.64	22.02	43.39	28.23	5.36
100	6.55	5.91	99.55	22.02	45.49	32.03	3.81
110	5.12	4.62	104.16	22.02	47.05	35.10	3.06
120	4.27	3.85	108.01	22.02	48.28	37.71	2.61
130	3.80	3.43	111.44	22.02	49.35	40.07	2.36
140	3.32	2.99	114.43	22.02	50.24	42.17	2.10
150	3.07	2.77	117.20	22.02	51.05	44.13	1.96
160	2.80	2.52	119.72	22.02	51.77	45.93	1.81



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	25 Años	CN(I) =	49.21
Precipitación:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	<b>CN(II) =</b>	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

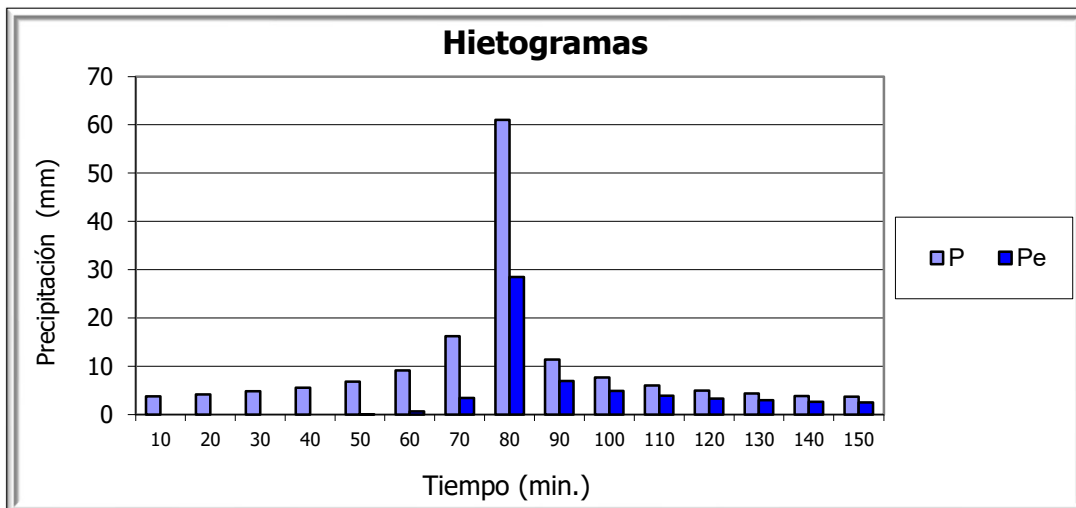
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	3.37	3.04	3.04	3.04	0.00	0.00	0.00
20	3.67	3.31	6.35	6.35	0.00	0.00	0.00
30	4.13	3.72	10.07	10.07	0.00	0.00	0.00
40	4.90	4.42	14.49	14.49	0.00	0.00	0.00
50	5.92	5.34	19.82	19.82	0.00	0.00	0.00
60	8.07	7.28	27.10	22.02	4.85	0.22	0.22
70	14.30	12.89	39.99	22.02	15.45	2.52	2.30
80	53.83	48.53	88.52	22.02	41.46	25.04	22.52
90	10.07	9.08	97.60	22.02	44.82	30.76	5.72
100	6.81	6.14	103.74	22.02	46.91	34.81	4.05
110	5.30	4.78	108.52	22.02	48.44	38.05	3.24
120	4.50	4.06	112.57	22.02	49.69	40.86	2.81
130	3.90	3.52	116.09	22.02	50.73	43.34	2.48
140	3.30	2.98	119.07	22.02	51.58	45.46	2.12
150	3.18	2.87	121.93	22.02	52.38	47.53	2.07
160	2.88	2.60	124.53	22.02	53.09	49.42	1.89



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	50 Años	CN(I) =	49.21
Precipitacion:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	3.75	3.38	3.38	3.38	0.00	0.00	0.00
20	4.13	3.72	7.10	7.10	0.00	0.00	0.00
30	4.80	4.33	11.43	11.43	0.00	0.00	0.00
40	5.55	5.00	16.44	16.44	0.00	0.00	0.00
50	6.78	6.11	22.55	22.02	0.52	0.00	0.00
60	9.13	8.23	30.78	22.02	8.11	0.65	0.64
70	16.20	14.60	45.38	22.02	19.27	4.09	3.44
80	61.00	54.99	100.38	22.02	45.78	32.58	28.49
90	11.40	10.28	110.65	22.02	49.11	39.53	6.95
100	7.69	6.93	117.59	22.02	51.16	44.40	4.88
110	5.98	5.39	122.98	22.02	52.67	48.29	3.89
120	4.97	4.48	127.46	22.02	53.86	51.58	3.29
130	4.37	3.94	131.40	22.02	54.87	54.51	2.93
140	3.82	3.44	134.84	22.02	55.72	57.10	2.59
150	3.68	3.32	138.16	22.02	56.52	59.62	2.52
160	3.28	2.96	141.12	22.02	57.21	61.88	2.27

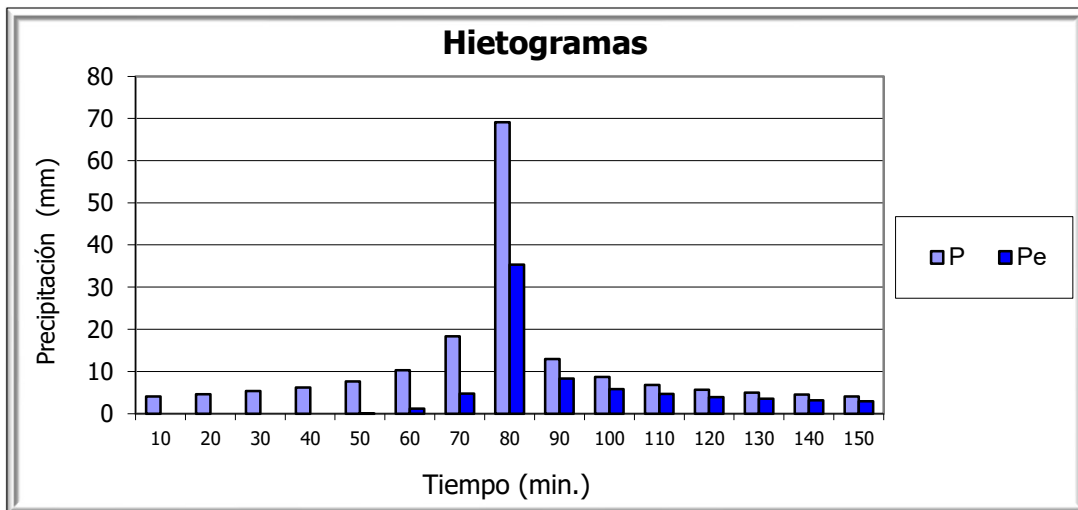




### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA MEDIA

Tr =	100 Años	CN(I) =	49.21
Precipitacion:	mm	S(I) =	262.17 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	69.76
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	110.11 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	84.14
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	47.87 mm
Factor de Area, FA:	0.90	I <sub>a</sub> =	22.02 mm

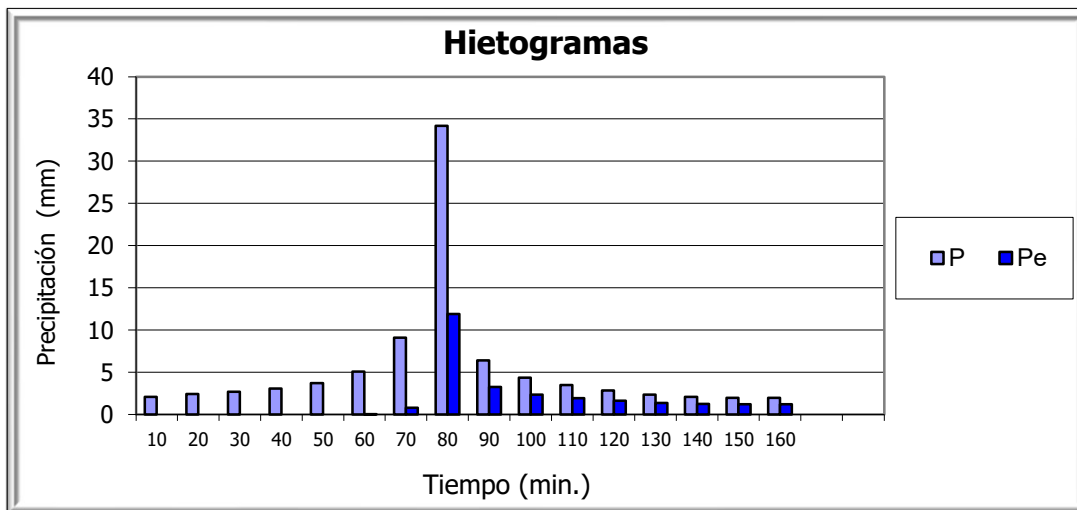
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	4.08	3.68	3.68	3.68	0.00	0.00	0.00
20	4.60	4.15	7.83	7.83	0.00	0.00	0.00
30	5.37	4.84	12.67	12.67	0.00	0.00	0.00
40	6.20	5.59	18.26	18.26	0.00	0.00	0.00
50	7.68	6.92	25.18	22.02	3.07	0.09	0.09
60	10.33	9.31	34.49	22.02	11.20	1.27	1.18
70	18.37	16.56	51.05	22.02	22.97	6.06	4.79
80	69.10	62.30	113.35	22.02	49.92	41.41	35.35
90	12.93	11.66	125.01	22.02	53.21	49.77	8.36
100	8.69	7.83	132.84	22.02	55.23	55.59	5.82
110	6.83	6.16	139.00	22.02	56.72	60.26	4.67
120	5.67	5.11	144.11	22.02	57.90	64.19	3.94
130	5.03	4.53	148.65	22.02	58.90	67.73	3.53
140	4.52	4.07	152.72	22.02	59.76	70.94	3.21
150	4.10	3.70	156.42	22.02	60.52	73.87	2.94
160	3.83	3.45	159.87	22.02	61.21	76.63	2.76



## PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	2 Años	CN(I) =	55.71
Precipitacion:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	74.96
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

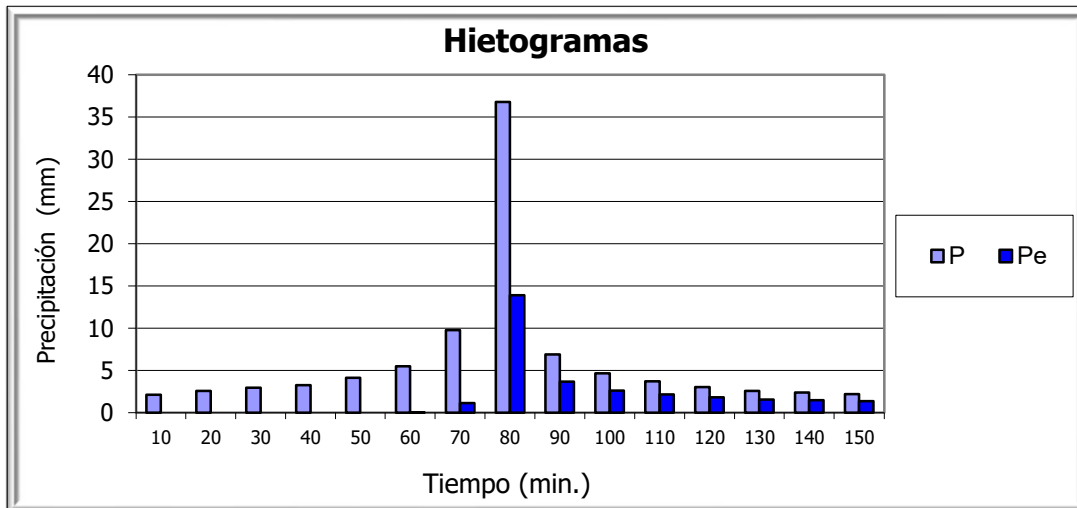
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.09	1.90	1.90	1.90	0.00	0.00	0.00
20	2.42	2.20	4.11	4.11	0.00	0.00	0.00
30	2.68	2.44	6.55	6.55	0.00	0.00	0.00
40	3.06	2.79	9.33	9.33	0.00	0.00	0.00
50	3.72	3.39	12.72	12.72	0.00	0.00	0.00
60	5.08	4.63	17.35	16.97	0.38	0.00	0.00
70	9.10	8.29	25.63	16.97	7.86	0.80	0.80
80	34.17	31.12	56.75	16.97	27.08	12.70	11.90
90	6.38	5.81	62.56	16.97	29.65	15.94	3.24
100	4.35	3.96	66.52	16.97	31.28	18.27	2.33
110	3.47	3.16	69.68	16.97	32.51	20.20	1.93
120	2.82	2.57	72.25	16.97	33.47	21.81	1.61
130	2.35	2.14	74.39	16.97	34.24	23.18	1.37
140	2.08	1.89	76.28	16.97	34.91	24.41	1.23
150	1.98	1.80	78.09	16.97	35.52	25.60	1.19
160	1.98	1.80	79.89	16.97	36.13	26.80	1.20



## PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	3 Años	CN(I) =	55.71
Precipitacion:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	74.96
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

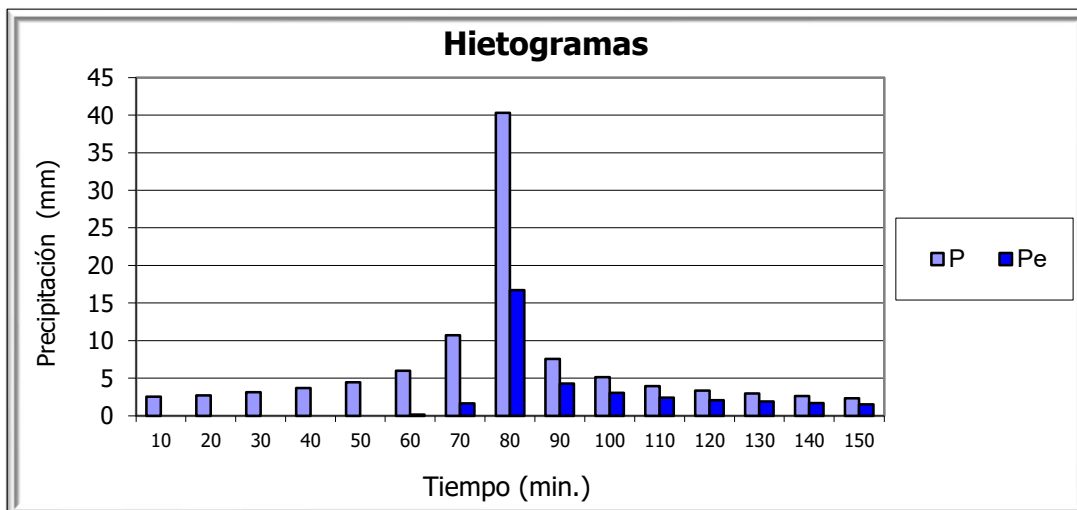
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.10	1.91	1.91	1.91	0.00	0.00	0.00
20	2.55	2.32	4.23	4.23	0.00	0.00	0.00
30	2.95	2.69	6.92	6.92	0.00	0.00	0.00
40	3.25	2.96	9.88	9.88	0.00	0.00	0.00
50	4.10	3.73	13.61	13.61	0.00	0.00	0.00
60	5.47	4.98	18.59	16.97	1.60	0.03	0.03
70	9.76	8.89	27.48	16.97	9.36	1.16	1.13
80	36.77	33.48	60.97	16.97	28.97	15.03	13.87
90	6.87	6.26	67.22	16.97	31.56	18.70	3.67
100	4.63	4.22	71.44	16.97	33.17	21.30	2.60
110	3.68	3.35	74.79	16.97	34.38	23.44	2.14
120	3.02	2.75	77.54	16.97	35.34	25.23	1.80
130	2.55	2.32	79.86	16.97	36.12	26.78	1.54
140	2.37	2.16	82.02	16.97	36.82	28.24	1.46
150	2.18	1.99	84.00	16.97	37.45	29.59	1.36
160	2.15	1.96	85.96	16.97	38.05	30.95	1.35



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	5 Años	CN(I) =	55.71
Precipitacion:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	74.96
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

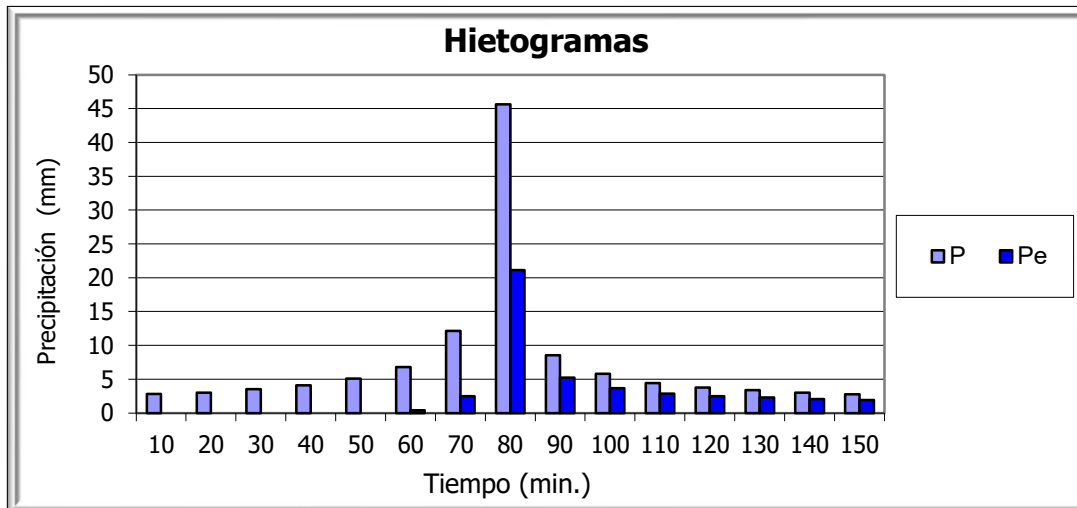
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.51	2.29	2.29	2.29	0.00	0.00	0.00
20	2.68	2.44	4.73	4.73	0.00	0.00	0.00
30	3.12	2.84	7.57	7.57	0.00	0.00	0.00
40	3.68	3.35	10.92	10.92	0.00	0.00	0.00
50	4.43	4.03	14.95	14.95	0.00	0.00	0.00
60	5.98	5.45	20.40	16.97	3.30	0.13	0.13
70	10.70	9.74	30.14	16.97	11.40	1.77	1.64
80	40.30	36.70	66.84	16.97	31.41	18.47	16.69
90	7.55	6.88	73.71	16.97	34.00	22.75	4.28
100	5.14	4.68	78.40	16.97	35.63	25.80	3.05
110	3.95	3.60	81.99	16.97	36.81	28.22	2.42
120	3.32	3.02	85.02	16.97	37.76	30.29	2.07
130	2.95	2.69	87.70	16.97	38.57	32.16	1.87
140	2.62	2.39	90.09	16.97	39.27	33.85	1.69
150	2.32	2.11	92.20	16.97	39.87	35.36	1.51
160	2.22	2.02	94.22	16.97	40.43	36.82	1.46



## PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	10 Años	CN(I) =	55.71
Precipitacion:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	CN(II) =	74.96
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

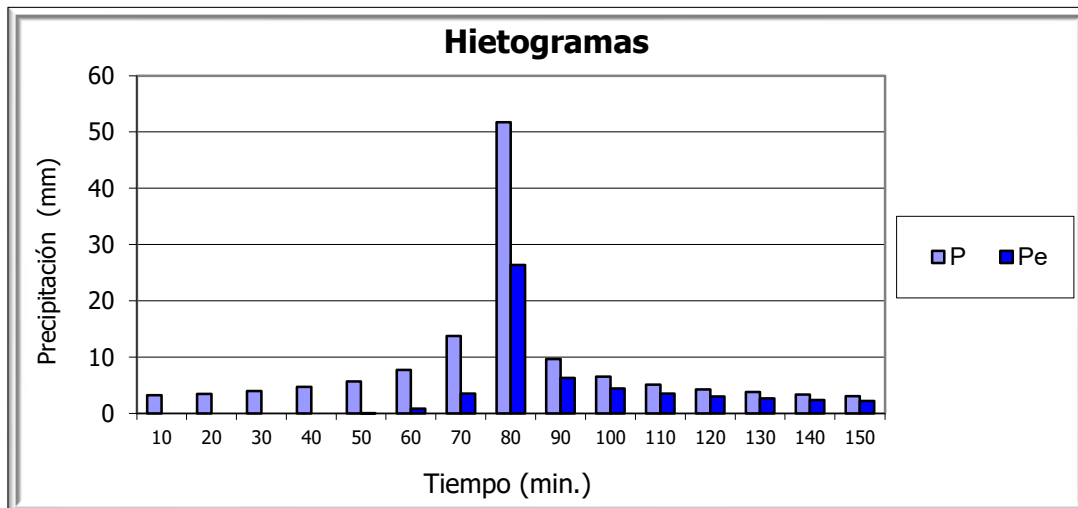
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	2.80	2.55	2.55	2.55	0.00	0.00	0.00
20	2.98	2.71	5.26	5.26	0.00	0.00	0.00
30	3.53	3.21	8.48	8.48	0.00	0.00	0.00
40	4.10	3.73	12.21	12.21	0.00	0.00	0.00
50	5.08	4.63	16.84	16.84	0.00	0.00	0.00
60	6.78	6.17	23.01	16.97	5.64	0.40	0.40
70	12.15	11.06	34.08	16.97	14.24	2.87	2.47
80	45.65	41.57	75.65	16.97	34.69	23.99	21.12
90	8.55	7.79	83.43	16.97	37.27	29.20	5.21
100	5.79	5.27	88.70	16.97	38.87	32.87	3.67
110	4.43	4.03	92.74	16.97	40.02	35.75	2.88
120	3.77	3.43	96.17	16.97	40.96	38.24	2.50
130	3.39	3.09	99.26	16.97	41.77	40.52	2.28
140	3.00	2.73	101.99	16.97	42.46	42.56	2.04
150	2.75	2.50	104.49	16.97	43.08	44.45	1.89
160	2.32	2.11	106.61	16.97	43.58	46.06	1.61



## PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	20 Años	CN(I) =	55.71
Precipitación:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	<b>CN(II) =</b>	<b>74.96</b>
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

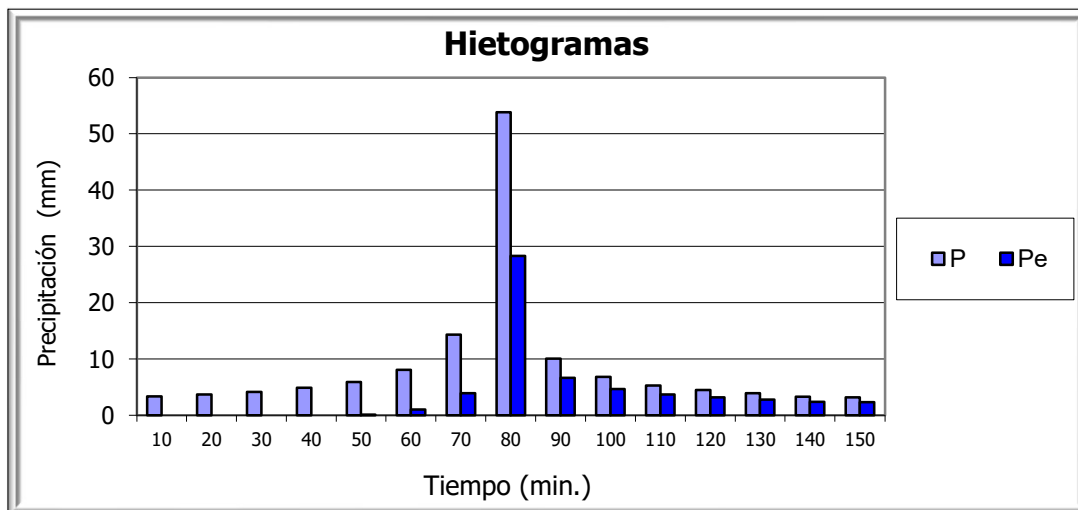
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	3.21	2.92	2.92	2.92	0.00	0.00	0.00
20	3.43	3.12	6.05	6.05	0.00	0.00	0.00
30	3.97	3.62	9.66	9.66	0.00	0.00	0.00
40	4.71	4.29	13.95	13.95	0.00	0.00	0.00
50	5.68	5.17	19.12	16.97	2.10	0.05	0.05
60	7.72	7.03	26.15	16.97	8.29	0.90	0.84
70	13.75	12.52	38.67	16.97	17.29	4.42	3.53
80	51.72	47.10	85.77	16.97	37.99	30.81	26.39
90	9.68	8.81	94.59	16.97	40.53	37.09	6.27
100	6.55	5.96	100.55	16.97	42.10	41.48	4.40
110	5.12	4.66	105.21	16.97	43.25	45.00	3.51
120	4.27	3.89	109.10	16.97	44.17	47.97	2.97
130	3.80	3.46	112.56	16.97	44.95	50.65	2.68
140	3.32	3.02	115.59	16.97	45.60	53.02	2.37
150	3.07	2.80	118.38	16.97	46.19	55.22	2.21
160	2.80	2.55	120.93	16.97	46.71	57.25	2.03



## PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	25 Años	CN(I) =	55.71
Precipitación:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	<b>CN(II) =</b>	74.96
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

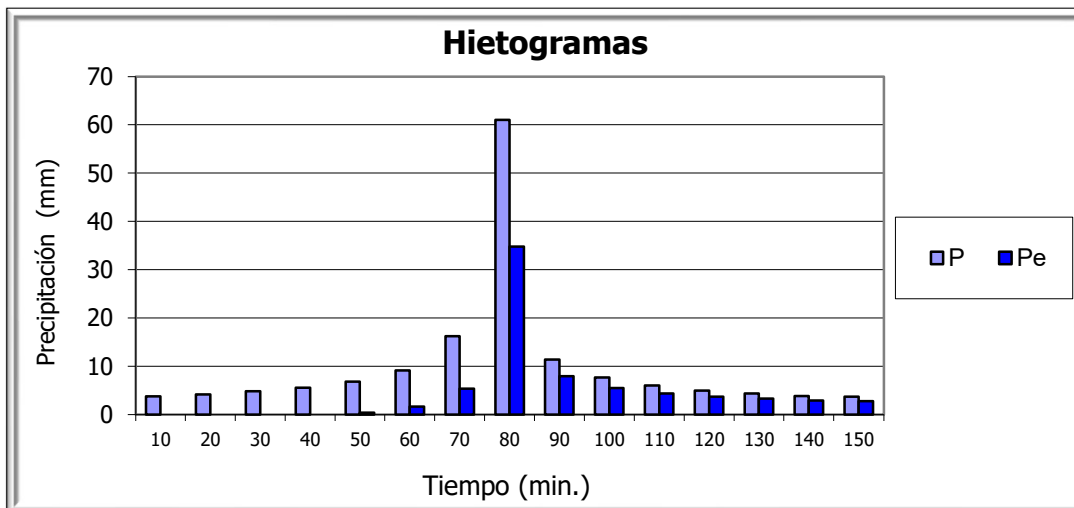
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	3.37	3.07	3.07	3.07	0.00	0.00	0.00
20	3.67	3.34	6.41	6.41	0.00	0.00	0.00
30	4.13	3.76	10.17	10.17	0.00	0.00	0.00
40	4.90	4.46	14.63	14.63	0.00	0.00	0.00
50	5.92	5.39	20.02	16.97	2.95	0.11	0.11
60	8.07	7.35	27.37	16.97	9.27	1.14	1.03
70	14.30	13.02	40.40	16.97	18.36	5.07	3.93
80	53.83	49.02	89.41	16.97	39.08	33.37	28.30
90	10.07	9.17	98.58	16.97	41.60	40.02	6.65
100	6.81	6.20	104.79	16.97	43.15	44.67	4.65
110	5.30	4.83	109.61	16.97	44.28	48.36	3.69
120	4.50	4.10	113.71	16.97	45.20	51.55	3.18
130	3.90	3.55	117.26	16.97	45.96	54.34	2.79
140	3.30	3.01	120.27	16.97	46.58	56.72	2.38
150	3.18	2.90	123.16	16.97	47.16	59.04	2.32
160	2.88	2.62	125.78	16.97	47.67	61.15	2.11



### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	50 Años	CN(I) =	55.71
Precipitacion:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	<b>CN(II) =</b>	<b>74.96</b>
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.91	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	3.75	3.41	3.41	3.41	0.00	0.00	0.00
20	4.13	3.76	7.18	7.18	0.00	0.00	0.00
30	4.80	4.37	11.55	11.55	0.00	0.00	0.00
40	5.55	5.05	16.60	16.60	0.00	0.00	0.00
50	6.78	6.17	22.77	16.97	5.44	0.37	0.37
60	9.13	8.31	31.09	16.97	12.11	2.02	1.64
70	16.20	14.75	45.84	16.97	21.54	7.33	5.32
80	61.00	55.55	101.39	16.97	42.31	42.11	34.78
90	11.40	10.38	111.77	16.97	44.77	50.03	7.92
100	7.69	7.00	118.77	16.97	46.27	55.53	5.50
110	5.98	5.45	124.22	16.97	47.37	59.89	4.35
120	4.97	4.53	128.74	16.97	48.23	63.55	3.66
130	4.37	3.98	132.72	16.97	48.95	66.80	3.25
140	3.82	3.48	136.20	16.97	49.57	69.67	2.87
150	3.68	3.35	139.55	16.97	50.14	72.45	2.78
160	3.28	2.99	142.54	16.97	50.63	74.95	2.49

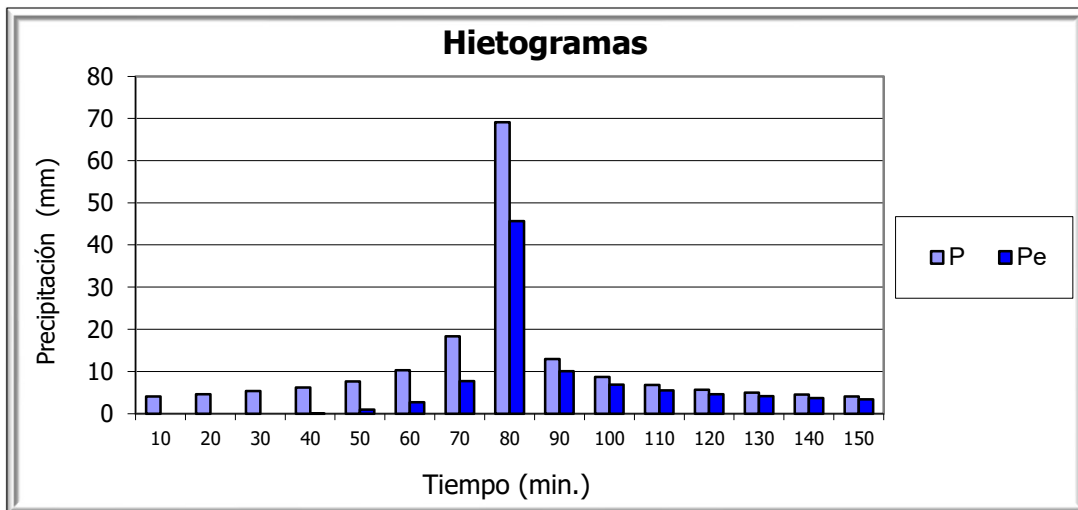




### PRECIPITACION EFECTIVA METODO - BLOQUE ALTERNO. CUENCA BAJA

Tr =	100 Años	CN(I) =	55.71
Precipitación:	mm	S(I) =	201.97 mm
Duración:	160 Minutos	<b>CN(II) =</b>	<b>74.96</b>
Incremento:	10 Minutos	S(II) =	84.83 mm
CN Utilizado:	CN(II)	CN(III) =	87.32
Grupo de Suelo:	C	S(III) =	36.88 mm
Factor de Area, FA:	0.96	I <sub>a</sub> =	16.97 mm

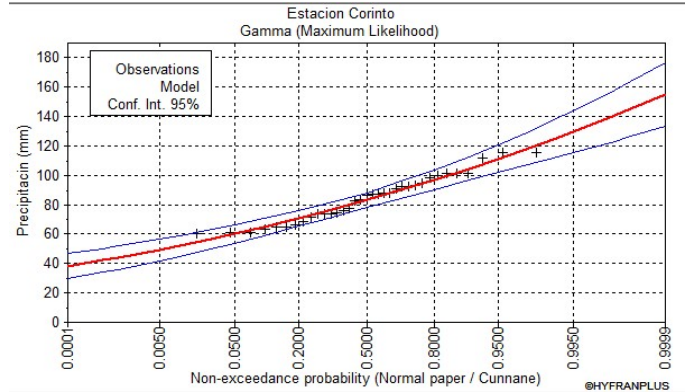
Tiempo (min)	P (mm/10min)	PxFA (mm)	P (mm)	I <sub>a</sub> (mm)	Fa (mm)	Q (mm)	Pe (mm)
10	4.08	3.92	3.92	3.92	0.00	0.00	0.00
20	4.60	4.42	8.33	8.33	0.00	0.00	0.00
30	5.37	5.16	13.49	13.49	0.00	0.00	0.00
40	6.20	5.95	19.44	16.97	2.40	0.07	0.07
50	7.68	7.37	26.81	16.97	8.82	1.02	0.95
60	10.33	9.92	36.73	16.97	16.03	3.73	2.71
70	18.37	17.64	54.36	16.97	25.96	11.44	7.71
80	69.10	66.34	120.70	16.97	46.67	57.07	45.62
90	12.93	12.41	133.11	16.97	49.02	67.12	10.06
100	8.69	8.34	141.46	16.97	50.45	74.04	6.92
110	6.83	6.56	148.01	16.97	51.49	79.55	5.51
120	5.67	5.44	153.46	16.97	52.31	84.18	4.62
130	5.03	4.83	158.28	16.97	53.01	88.31	4.13
140	4.52	4.34	162.62	16.97	53.61	92.05	3.74
150	4.10	3.94	166.56	16.97	54.13	95.46	3.41
160	3.83	3.68	170.24	16.97	54.61	98.66	3.20



## ANEXO C: RESULTADOS HYFRAN

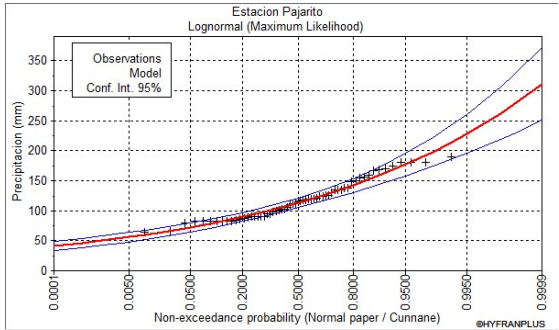
Análisis de Frecuencia					ESTACION : 35195050 CORINTO	
					Codigo:	3519505
Tr	q	XT	Desv. Standard	Intervalo de Confianza	P (mm)	AÑO
10000	0.9999	162.1	12.43	137.7 - 186.5	87.30	1984
2000	0.9995	151	10.7	130.1 - 172.0	83.50	1986
1000	0.999	146	9.934	126.5 - 165.5	91.20	1987
200	0.995	133.6	8.115	117.7 - 149.5	73.60	1988
100	0.99	127.9	7.307	113.5 - 142.2	44.50	1989
50	0.98	121.8	6.484	109.1 - 134.5	60.40	1990
25	0.96	115.2	5.644	104.1 - 126.3	115.70	1991
20	0.95	113	5.371	102.4 - 123.5	66.50	1992
10	0.9	105.5	4.517	96.65 - 114.4	115.80	1993
5	0.8	96.92	3.682	89.70 - 104.1	93.00	1994
3	0.6667	89.48	3.142	83.32 - 95.64	88.00	1995
2	0.5	81.8	2.825	76.26 - 87.34	86.80	1996
1.4286	0.3	73.22	2.798	67.74 - 78.71	77.50	1997
1.25	0.2	68.33	2.916	62.61 - 74.04	100.00	1998
1.1111	0.1	61.9	3.168	55.69 - 68.11	73.50	1999
1.0526	0.05	56.91	3.402	50.24 - 63.58	63.50	2000
1.0204	0.02	51.67	3.655	44.50 - 58.84	101.00	2001
1.0101	0.01	48.4	3.805	40.94 - 55.86	73.50	2002
1.005	0.005	45.55	3.926	37.86 - 53.25	74.20	2003
1.001	0.001	40.12	4.12	32.04 - 48.20	92.20	2004
1.0005	0.0005	38.15	4.176	29.97 - 46.34	101.00	2005
1.0001	0.0001	34.2	4.262	25.85 - 42.56	82.80	2006
					98.30	2007
					92.20	2008
					95.00	2009
					76.00	2010
					88.20	2011
					87.20	2012
					61.00	2013
					61.00	2014
					64.50	2015
					101.00	2016
					65.00	2017
					111.50	2018
					71.50	2019
					68.80	2020

Tr (Años)	$P(X \leq X_i)$	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	127.9	7.31	113.5 - 142.2
50	0.98	121.8	6.48	109.1 - 134.5
25	0.96	115.2	5.64	104.1 - 126.3
20	0.95	113	5.37	102.4 - 123.5
10	0.9	105.5	4.52	96.65 - 114.4
5	0.8	96.92	3.68	89.70 - 104.1
3	0.6667	89.48	3.14	83.32 - 95.64
2	0.5	81.8	2.83	76.26 - 87.34



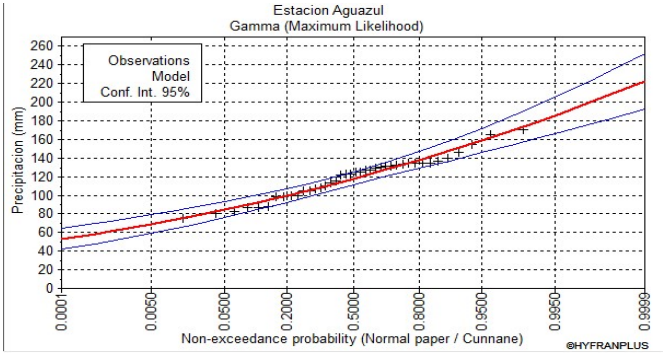
Análisis de Frecuencia						ESTACION : 35190050 PAJARITO	
						Codigo:	3519005
Tr	q	XT	Desv. Standard	Intervalo de Confianza		P (mm)	AÑO
10000	0.9999	311.4	30.8	251.0 - 371.7		66	1957
2000	0.9995	277	24.67	228.7 - 325.4		90	1958
1000	0.999	262.3	22.16	218.9 - 305.8		90	1959
200	0.995	228	16.65	195.4 - 260.6		90	1960
100	0.99	213	14.4	184.8 - 241.2		80	1961
50	0.98	197.8	12.24	173.8 - 221.8		82	1962
25	0.96	182.1	10.17	162.1 - 202.0		82	1963
20	0.95	176.9	9.518	158.2 - 195.5		82	1964
10	0.9	160.2	7.576	145.3 - 175.0		82	1965
5	0.8	142.1	5.784	130.7 - 153.4		82	1966
3	0.6667	127	4.638	117.9 - 136.1		82	1967
2	0.5	112.9	3.943	105.2 - 120.7		82	1968
1.4286	0.3	97.91	3.649	90.76 - 105.1		90	1969
1.25	0.2	89.79	3.655	82.63 - 96.96		90	1970
1.1111	0.1	79.64	3.766	72.25 - 87.02		126	1971
1.0526	0.05	72.12	3.881	64.51 - 79.73		120	1972
1.0204	0.02	64.51	3.994	56.68 - 72.34		180	1973
1.0101	0.01	59.89	4.05	51.95 - 67.83		170	1976
1.005	0.005	55.95	4.085	47.95 - 63.96		106	1977
1.001	0.001	48.63	4.108	40.58 - 56.69		180	1978
1.0005	0.0005	46.05	4.1	38.01 - 54.09		125	1979
1.0001	0.0001	40.97	4.053	33.03 - 48.92		120	1980
						135	1981
						130	1982
						158.5	1983
						181.3	1984
						86	1985
						120.2	1986
						83.7	1987
						110.3	1989
						138.3	1990
						156.3	1991
						175	1992
						118.5	1993
						102.1	1994
						119	1995
						88.1	1996
						114.5	1997
						134.6	1998
						155.3	1999
						149.8	2000
						102	2001
						148	2002
						137.4	2003
						167.8	2004
						167.3	2005
						124.3	2006
						116.5	2007
						112.3	2008
						99.4	2009
						87.3	2010
						101.5	2011
						95.3	2012
						112.4	2013
						98.7	2014
						189.5	2015
						117.2	2016
						123.7	2017
						94.6	2018
						135.4	2019
						63.6	2020

Tr (Años)	P( $X \leq X_i$ )	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	213	14.40	184.8 - 241.2
50	0.98	197.8	12.24	173.8 - 221.8
25	0.96	182.1	10.17	162.1 - 202.0
20	0.95	176.9	9.52	158.2 - 195.5
10	0.9	160.2	7.58	145.3 - 175.0
5	0.8	142.1	5.78	130.7 - 153.4
3	0.6667	127	4.64	117.9 - 136.1
2	0.5	112.9	3.94	105.2 - 120.7



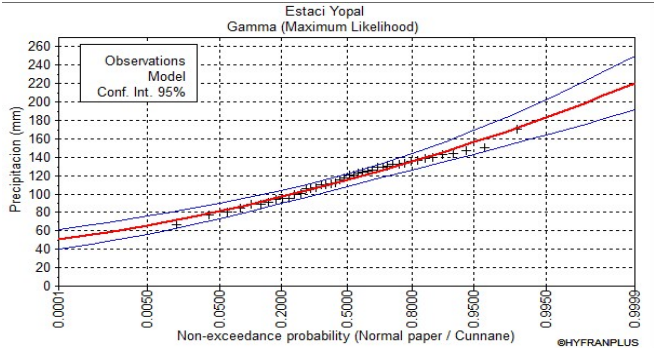
Análisis de Frecuencia					ESTACION : 35195030 AGUAZUL	
					Codigo:	3519503
Tr	q	XT	Desv. Standard	Intervalo de Confianza	P (mm)	AÑO
10000	0.9999	222.7	15.2	192.9 - 252.4	155	1974
2000	0.9995	208.3	13.11	182.6 - 234.0	105.1	1978
1000	0.999	201.8	12.19	177.9 - 225.8	123	1979
200	0.995	185.8	9.994	166.2 - 205.4	100	1980
100	0.99	178.3	9.017	160.6 - 196.0	170.1	1981
50	0.98	170.4	8.017	154.6 - 186.1	98	1982
25	0.96	161.8	6.996	148.1 - 175.5	98.4	1983
20	0.95	158.9	6.663	145.8 - 171.9	110.5	1985
10	0.9	149.1	5.622	138.1 - 160.1	121.3	1986
5	0.8	137.8	4.601	128.8 - 146.8	126.6	1987
3	0.6667	128	3.942	120.3 - 135.7	133.6	1988
2	0.5	117.8	3.56	110.8 - 124.8	99.7	1989
1.4286	0.3	106.4	3.547	99.44 - 113.3	75	1990
1.25	0.2	99.84	3.711	92.57 - 107.1	83	1991
1.1111	0.1	91.19	4.054	83.25 - 99.14	127	1992
1.0526	0.05	84.45	4.377	75.87 - 93.03	125	1993
1.0204	0.02	77.32	4.731	68.05 - 86.60	107	1996
1.0101	0.01	72.84	4.946	63.14 - 82.54	131	1997
1.005	0.005	68.93	5.123	58.89 - 78.97	123.2	1998
1.001	0.001	61.41	5.422	50.78 - 72.04	87.3	1999
1.0005	0.0005	58.67	5.514	47.86 - 69.48	134.6	2000
1.0001	0.0001	53.13	5.67	42.02 - 64.25	132.7	2002
					134.5	2003
					134.5	2004
					87.1	2005
					136.2	2006
					146	2007
					107.5	2008
					131	2009
					80	2010
					115.3	2011
					130	2012
					165.7	2013
					135	2014
					129.2	2015
					140	2016
					113.8	2017
					104.3	2018
					88	2019
					124.7	2020

Tr (Años)	P(X ≤ X <sub>i</sub> )	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	178.3	9.02	160.6 - 196.0
50	0.98	170.4	8.02	154.6 - 186.1
25	0.96	161.8	7.00	148.1 - 175.5
20	0.95	158.9	6.66	145.8 - 171.9
10	0.9	149.1	5.62	138.1 - 160.1
5	0.8	137.8	4.60	128.8 - 146.8
3	0.6667	128	3.94	120.3 - 135.7
2	0.5	117.8	3.56	110.8 - 124.8



Análisis de Frecuencia					ESTACION : 35215010 APTO YOPAL	
					Codigo:	3521501
Tr	q	XT	Desv. Standard	Intervalo de Confianza	P (mm)	AÑO
10000	0.9999	220.6	15.02	191.2 - 250.1	150.4	1977
2000	0.9995	206.1	12.94	180.8 - 231.5	100	1979
1000	0.999	199.6	12.03	176.0 - 223.2	120.2	1980
200	0.995	183.4	9.851	164.0 - 202.7	138.3	1981
100	0.99	175.8	8.882	158.4 - 193.2	123.9	1982
50	0.98	167.8	7.892	152.3 - 183.2	117.7	1983
25	0.96	159.1	6.881	145.7 - 172.6	111.3	1984
20	0.95	156.2	6.552	143.4 - 169.0	137	1985
10	0.9	146.4	5.522	135.5 - 157.2	89	1986
5	0.8	135	4.513	126.2 - 143.9	110.4	1987
3	0.6667	125.1	3.862	117.6 - 132.7	112.2	1988
2	0.5	114.9	3.483	108.1 - 121.8	105.6	1989
1.4286	0.3	103.5	3.463	96.70 - 110.3	91.2	1990
1.25	0.2	96.94	3.618	89.84 - 104.0	100.5	1991
1.1111	0.1	88.3	3.946	80.57 - 96.04	89	1992
1.0526	0.05	81.59	4.253	73.25 - 89.92	67	1993
1.0204	0.02	74.49	4.588	65.50 - 83.49	77	1994
1.0101	0.01	70.04	4.79	60.65 - 79.43	94.1	1995
1.005	0.005	66.17	4.955	56.45 - 75.88	136	1996
1.001	0.001	58.73	5.23	48.48 - 68.98	146.8	1997
1.0005	0.0005	56.03	5.313	45.61 - 66.44	106.6	1998
1.0001	0.0001	50.57	5.45	39.89 - 61.26	84.8	1999
					80.2	2000
					115.8	2001
					106	2002
					120.8	2003
					170.2	2004
					95.2	2005
					130.1	2006
					131.9	2007
					110.4	2008
					128.8	2009
					124.9	2010
					95.4	2011
					139.4	2013
					126.1	2014
					123	2015
					132.6	2016
					129	2017
					144.1	2018
					143	2019
					133	2020

Tr (Años)	P(X ≤ X <sub>i</sub> )	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	175.8	8.88	158.4 - 193.2
50	0.98	167.8	7.89	152.3 - 183.2
25	0.96	159.1	6.88	145.7 - 172.6
20	0.95	156.2	6.55	143.4 - 169.0
10	0.9	146.4	5.52	135.5 - 157.2
5	0.8	135	4.51	126.2 - 143.9
3	0.6667	125.1	3.86	117.6 - 132.7
2	0.5	114.9	3.48	108.1 - 121.8



Análisis de Frecuencia					ESTACION : 35210010 MORRO EL	
					Codigo:	3521001
Tr	q	XT	Desv. Standard	Intervalo de Confianza	P (mm)	AÑO
10000	0.9999	204	11.7	181.1 - 227.0	152	1975
2000	0.9995	192.6	10.15	172.7 - 212.4	160	1976
1000	0.999	187.3	9.462	168.8 - 205.9	137	1978
200	0.995	174.4	7.81	159.1 - 189.7	135	1979
100	0.99	168.3	7.071	154.4 - 182.2	149	1980
50	0.98	161.8	6.313	149.4 - 174.2	110	1981
25	0.96	154.8	5.534	144.0 - 165.7	125	1982
20	0.95	152.4	5.28	142.1 - 162.8	110.2	1983
10	0.9	144.4	4.482	135.6 - 153.1	117.5	1984
5	0.8	135	3.696	127.7 - 142.2	98	1985
3	0.6667	126.8	3.19	120.5 - 133.0	121	1986
2	0.5	118.2	2.907	112.5 - 123.9	130	1987
1.4286	0.3	108.5	2.927	102.7 - 114.2	104.5	1989
1.25	0.2	102.9	3.084	96.82 - 108.9	117.5	1990
1.1111	0.1	95.38	3.404	88.70 - 102.1	133	1991
1.0526	0.05	89.48	3.709	82.21 - 96.75	133.7	1992
1.0204	0.02	83.18	4.053	75.24 - 91.13	110.1	1993
1.0101	0.01	79.18	4.269	70.81 - 87.55	124	1994
1.005	0.005	75.65	4.454	66.92 - 84.38	104	1995
1.001	0.001	68.79	4.786	59.41 - 78.18	140	1996
1.0005	0.0005	66.26	4.898	56.66 - 75.86	110	1997
1.0001	0.0001	61.1	5.105	51.09 - 71.11	146	1998
					90	1999
					135	2000
					115	2001
					140	2002
					130	2003
					120	2004
					85.3	2005
					80	2006
					89.3	2007
					129	2008
					88.2	2009
					102.3	2010
					101	2011
					133	2012
					113	2013
					125.5	2014
					130	2015
					99.5	2017
					131	2018
					118	2019
					103.9	2020

Tr (Años)	P(X ≤ X <sub>i</sub> )	P24h (mm)	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
100	0.99	168.3	7.07	154.4 - 182.2
50	0.98	161.8	6.31	149.4 - 174.2
25	0.96	154.8	5.53	144.0 - 165.7
20	0.95	152.4	5.28	142.1 - 162.8
10	0.9	144.4	4.48	135.6 - 153.1
5	0.8	135	3.70	127.7 - 142.2
3	0.6667	126.8	3.19	120.5 - 133.0
2	0.5	118.2	2.91	112.5 - 123.9

